



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA
SALUD ANIMAL.

**ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA Y COVARIANZA EN UNA
POBLACIÓN MULTIRRACIAL DE GANADO BOVINO DENTRO DE UN
SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO MEXICANO**

T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A
Sergio Iván Román Ponce

TUTOR PRINCIPAL
Dr. Felipe de Jesús Ruiz López

COMITÉ TUTORAL
Dr. José Luis Romano Muñoz
Dr. Carlos Vásquez Peláez



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.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, llámese como se llame.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y la Coordinador del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal.

Al personal académico y administrativo del Departamento de Genética y Bioestadística de la FMVZ – UNAM.

Al Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal del INIFAP y a la Unidad de Posgrado en Ajuchitlan, Querétaro.

Al Dr. Felipe de Jesús Ruiz López, por su paciencia y enseñanzas sin olvidar el apoyo en todo momento. Gracias por su amistad.

Al Dr. Hugo Horacio Montaldo Valdenegro, por sus enseñanzas y apoyo en todo momento durante el desarrollo de la maestría. Gracias por su amistad.

A el Dr. José Luis Romano Muñoz, Dr. Carlos Vásquez Peláez, Dr. Everardo Gonzáles Padilla y Dr. Vicente E. Vega Murillo, por sus aportes a esta tesis.

A el personal de los Campos Experimentales “La Posta”, “Playa Vicente”, “Balancán”, “Matías Romero” y “Las Margaritas”. Gracias por tantos años de trabajo y esfuerzo. Sin ustedes nada sería posible.

DEDICATORIAS

A mi madre, por impulsarme y apoyarme para poder ser y hacer todo lo que soy.

A mi tío, por apoyarme en las buenas y en las malas. Brindándome consejos oportunos y regaños apropiados.

A Lorena, por ser la persona que ha sido, es y será el pilar de mi vida. Además de ser la mujer con quien quiero compartir el resto de mis días.

A mi familia, por estar siempre a mi lado en cualquier momento y en cualquier circunstancia.

A mis compadres, Juan Heberth y Juan Nava; por poder contar en alguien en cualquier momento.

Al Muégano, Lupita, Anita, Reyes, gracias por estar en el momento y lugar adecuados.

A mis amigos, todos y cada uno de ellos. Ustedes saben a quien me refiero. Gracias por su amistad y apoyo en todo momento.

A todos los que participaron y colaboraron con algo para terminar este largo peregrinar.

**ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA Y COVARIANZA EN UNA
POBLACIÓN MULTIRRACIAL DE GANADO BOVINO DENTRO DE UN
SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO MEXICANO**

ÍNDICE

RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Características climáticas en las regiones tropicales en el país.	3
2.2 Definición y descripción del sistema de producción de doble propósito	3
2.3 Antecedentes de mejoramiento genético en regiones tropicales	5
2.31 Producción de leche	5
2.3.1.1 En el mundo	5
2.3.1.2 México	9
2.3.2. Crecimiento corporal	12
2.3.2.1. En el mundo	13
2.3.2.2. México	16
2.4 Efectos genéticos de cruzamiento	19
2.4.1. Efectos genéticos aditivos	20
2.4.2. Efectos genéticos no aditivos	20
2.4.3. Efectos ambientales	21

2.5 Características correlacionadas	22
2.6 Correlación entre producción de leche y crecimiento corporal	25
2.7 Estimación de efectos genéticos de cruzamiento	26
2.8 Estimación de parámetros genéticos	27
2.9 Metodologías para la estimación de parámetros genéticos	30
3. OBJETIVOS GENERALES	32
4. JUSTIFICACIÓN	33
5. HIPOTESIS DE TRABAJO	34
6. MATERIAL Y MÉTODOS	35
6.1 Materiales	35
6.2 Métodos	38
6.3 Estimación de componentes de varianza genética aditiva y efectos genéticos no aditivos para producción total de leche	39
6.4 Estimación de componentes de varianza genética aditiva y efectos genéticos no aditivos para características de crecimiento	40
6.5 Estimación de componentes de (Co) varianza y correlaciones genéticas entre características de crecimiento corporal	41
6.6 Estimación de componentes de (Co) varianza y correlaciones genéticas entre producción total de leche y peso al destete	42
7. RESULTADOS	43
7.1 Componentes de varianza genética aditiva y efectos genéticos no aditivos para producción total de leche	43
7.2 Componentes de varianza genética aditiva y efectos genéticos para características de crecimiento corporal	44
7.3 Componentes de (Co) varianza y correlaciones genéticas entre características de crecimiento corporal	45

7.4 Componentes de (Co) varianza y correlaciones genéticas entre producción total de leche y peso al destete	45
8. DISCUSIÓN	46
8.1 Componentes de varianza genética aditiva y efectos genéticos no aditivos para producción total de leche	46
8.2 Componentes de varianza genética aditiva y efectos genéticos para características de crecimiento corporal	48
8.3 Componentes de (Co) varianza y correlaciones genéticas entre características de crecimiento corporal	49
8.4 Componentes de (Co) varianza y correlaciones genéticas entre producción total de leche y peso al destete	50
9. CONCLUSIONES	51
10. REFERENCIAS	52
Anexo 1. Formación de Pesos Ajustados a los 90, 205, 365 Y 540 Días.	63
Anexo 2. Preparación de Variables	64
Anexo 3. Clasificación de Épocas del Año	67
Anexo 4. Cuadros	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comportamiento en Producción de leche de razas especializadas en áreas tropicales del Mundo	70
Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos para producción de leche y duración de la lactancia de diferentes grupos raciales para la producción de leche durante las primeras lactancias, evaluados en la India.	71
Cuadro 3. Comportamiento en Producción de leche de razas especializadas y sus cruzas con B. Indicus en áreas tropicales.	72
Cuadro 4. Medias de producción de leche y duración de la lactancia de las razas especializadas utilizadas en los Campos Experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias en el Trópico Mexicano.	74
Cuadro 5. Comportamiento en producción de leche de razas especializadas en el Trópico Mexicano	75
Cuadro 6. Comportamiento productivo de animales cruzados Bos taurus X Bos indicus en un hato comercial en la Región Huasteca del Trópico Mexicano	76
Cuadro 7. Comportamiento productivo de los diversos genotipos utilizados y evaluados dentro del Proyecto Nacional “Mejoramiento Genético del Ganado Bovino de Doble Propósito de los Bovinos en el Trópico”	76
Cuadro 8. Comportamiento productivo de las cruzas de razas especializadas con ganado Cebú o criollo en el Trópico Mexicano	77
Cuadro 9. Correlaciones genéticas entre características de la canal de toros y vaquillas con el peso vivo de las vacas y producción de leche en vacas Ayrshire en Finlandia.	78
Cuadro 10. Correlaciones genéticas (R_g) entre peso al nacimiento, destete y al año y características de producción de leche en Ganado Hanwoo en Corea	78
Cuadro 11. Información histórica de la precipitación pluvial normal estándar mensual de los campos experimentales	79

Cuadro 12. Información histórica de la temperatura media diaria de los campos experimentales	79
Cuadro 13. Estadísticas descriptivas para Producción Total de Leche (PTL), Duración de Lactancia (DL), Porcentaje de Genes Bos taurus (PG), coeficiente de Heterocigosidad (HT) y Perdidas por Recombinación (RC)	80
Cuadro 14. Estadísticas descriptivas para crecimiento corporal Peso al nacimiento (PN), peso ajustado a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente) Porcentaje de Genes Bos taurus (PG), Coeficiente de heterocigosidad (HT) y Pérdidas por Recombinación (RC)	81
Cuadro 15. Estadísticas descriptivas para crecimiento corporal de los animales Bos indicus para Peso al nacimiento (PN), peso ajustado a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente) Porcentaje de Genes Bos taurus (PG), Coeficiente de Heterocigosidad (HT) y Pérdidas por Recombinación (RC)	83
Cuadro 16. Coeficientes de regresión (β) y errores estándar (e.e.) para producción total de leche para cada una de las subpoblaciones en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.	83
Cuadro 17. Componentes de varianza para producción de leche total por lactancia en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito	83
Cuadro 18. Coeficientes de regresión (β) y errores estándar (e.e.) para Porcentaje de Genes (PG), Coeficiente de Heterocigosidad (HT) y Pérdidas por Recombinación (RC) para cada una de las subpoblaciones en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.	84
Cuadro 19. Componentes de varianza genética aditiva directa y materna, ambiental permanente, residual, fenotípica y covarianza entre efectos genéticos directos y maternos para peso al nacimiento (PN), pesos ajustados a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente) en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.	84
Cuadro 20. Heredabilidad para peso al nacimiento (PN), pesos ajustados a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente) en una	85

población multirracial bajo un sistema de doble propósito.

Cuadro 21. Coeficientes de regresión (β) y errores estándar (e.e.) para cada una de las covariables dentro de subpoblación para las características de crecimiento corporal en una población multirracial en el trópico mexicano. 85

Cuadro 22. Estructura completa de componentes de (Co) varianza para las características de crecimiento corporal en una población multirracial en el trópico mexicano 86

Cuadro 23. Parámetros genéticos para características de crecimiento corporal en una población multirracial en el trópico mexicano 86

Cuadro 24. Componentes de (Co) varianza, heredabilidad y correlaciones genéticas para peso al destete y producción total de leche en una población multirracial en el trópico mexicano 86

1. INTRODUCCIÓN

El hato bovino en México está constituido por aproximadamente 30.62 millones de cabezas de ganado; que produjeron en 2002 9.658 millones de litros de leche y 1.467 millones de toneladas de carne de canal y 2.809 millones de toneladas de carne en pie. (DGGGAN-SAGARPA, 2000 a y b; Koppel *et al.*, 2002; SIACON, 2003; Ruiz *et al.*, 2004).

En 1998 México importó aproximadamente el 39% de la leche fluida, 10% de la leche descremada en polvo y el 5% de la leche entera en polvo disponibles a nivel mundial entre otros productos derivados de la leche; a la vez que el consumo aparente diario fue de 0.274 litros de leche y 100.2 litros per capita anual en el mismo año; de éstos, el 86.25% provino de la producción nacional y el 13.85% fue resultado de las importaciones. En el caso de la carne de bovino, el consumo aparente anual fue de 15.4 kilogramos de carne de bovino de la cual alrededor del 20.6% es importada, principalmente de los Estados Unidos (DGGGAN-SAGARPA, 2000a).

En el país encontramos tres regiones ecológicas donde se practica la ganadería; la región templada donde se producen el 47% de la producción de leche y 31.6% de la de carne; la región árida y semiárida que contribuye con el 37% de la producción de leche y el 33% de la de carne; y la región tropical que aporta el 16% de la producción de leche y el 35.4% de la de carne del país (DGGGAN-SAGARPA, 2000a).

Las regiones tropicales de México (**RTM**) húmedas y secas cuentan con 55.6 millones de hectáreas que representan el 28% de la superficie nacional; de las cuales casi 18.9 millones de hectáreas (37%) están dedicadas a actividades ganaderas con alrededor del 40% del inventario ganadero del país (DGGGAN-SAGARPA, 2000a). Los estados que cuentan con el mayor número de vientres en producción bajo el sistema de doble propósito (**SDP**) son: Chiapas, Veracruz,

Jalisco, Guerrero, Guanajuato, Tabasco, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas, y aunque se ha considerado que el SDP principalmente se desarrolla en las RTM, se puede encontrar en entidades con clima árido y semiárido (García, 1988; DGGGAN-SAGARPA, 2000a; Ruiz *et al.*, 2004).

El SDP es el predominante en las RTM; cuenta con 2.4 millones de hembras que representan cerca del 60% de los vientres del país que se dedican a la producción de leche de bovino, aunque con este alto número de vientres solo aporta a la producción nacional alrededor del 19.5% de la producción de leche del país y del 40% de la producción de carne. A pesar de la importancia en la participación en el inventario ganadero, el SDP no participa en igual medida en la producción nacional (De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002), en parte debido a que el SDP presenta ineficientes índices productivos donde la producción diaria de leche promedio por vaca es de 3 a 9 Kg. con una duración de lactancia entre los 120 a 180 días y un periodo interparto entre 18 y 24 meses (De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

Los hatos de los SDP en su mayoría están constituidos por animales cruzados con un alto porcentaje de razas cebuínas (*Bos indicus*) y ganado local con cruza de razas europeas (*Bos taurus*), en proporciones por lo general desconocidas y mediante sistemas de cruzamientos desordenados y poco sistematizados.

El mejoramiento genético en los SDP, mediante cruzamientos ordenados y sistemáticos, utilizando animales genéticamente superiores para la producción de leche y crecimiento corporal, adaptados a las RTM y evaluados bajo estas condiciones ambientales es una opción viable; no solo porque existen efectos genéticos sobre las características productivas, sino porque existe germoplasma disponible para ser introducido o seleccionado mediante esquemas adecuados de selección sobre las características económicamente importantes en el SDP. Este ha sido el esquema que ha implementado el INIFAP en sus programas de mejoramiento genético de ganado de doble propósito **(DP)**.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EN LAS REGIONES TROPICALES EN EL PAÍS

Las RTM están comprendidas desde el paralelo 24° Norte hasta la frontera sur que comprenden el estado de Chiapas y su colindancia con Guatemala y Belice (García, 1988); comprenden 55.6 millones de hectáreas de las cuales 31.7 y 23.9 son de trópico seco y húmedo y representan el 16 y 12% del territorio nacional respectivamente (García, 1988).

Además en México, están representados los grupos de climas A, B y C de la clasificación de Köppen; los climas de grupo D no existen en un país tropical como México mientras que los climas del grupo E solo se localizan en áreas muy reducidas.

2.2 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE DOBLE PROPÓSITO

El SDP es definido y caracterizado por que la vaca además de producir cierta cantidad de leche destinada a su venta o transformación, también tiene que criar directamente a su becerro; el cual por lo general es mantenido en el hato hasta su destete, momento en el cual es vendido; lo que quiere decir que tiene ingresos importantes tanto por la producción de leche como por la venta de la carne en forma de becerro para engorda o directamente a sacrificio (Villegas y Román, 1986; De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

El sistema de crianza de los becerros en el SDP, se realiza mediante diversos sistemas; uno de ellos es la “rejejería tradicional” o “arreo al medio día” que consiste en que una vez realizado el ordeño, que suele ser uno al día, se sueltan vaca y becerro juntos en las praderas o potreros y al medio día son separados. Otro sistema es el amamantamiento restringido, el cual consiste en que el becerro apoya a la bajada de la leche (amamanteo) y después solo toma la

leche residual que queda en la ubre a la vaca durante el tiempo en que se tarda en concluir el ordeño del resto de las vacas; bajo este sistema el ordeño puede ser una o dos veces al día y en algunos casos durante los primeros meses de vida se le deja un cuarto al becerro. En ambos sistemas el destete se realiza entre los 6 y 7 meses de edad. Por último el sistema de crianza artificial, que consiste en retirar al becerro de la vaca alrededor del día 5 de vida y alimentarlo mediante sustitutos de leche o leche hasta los 90 ó 120 días, ha sido implementado recientemente en las RTM (Villegas y Román, 1986; Seré, 1988; De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

Posterior al destete toda la alimentación se realiza comúnmente de manera extensiva bajo praderas de gramas nativas tropicales (*Paspalum sp* y *Axonopus sp*) y en menor medida pastos tropicales introducidos de calidad variable entre los que se pueden mencionar el Guinea, Privilegio o Zacatón (*Panicum maximum*), Estrella de África (*Cydonon plectostachyus*), Elefante o Gigante (*Pennisetum purpureum*), Alemán (*Echinochloa polistachya*), Brachiarias (*B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. brizantha*, *B. mutica*) y forrajes de corte como el Taiwan (cruza de *Peninisetum purpureum*) (Koppel *et al.*, 2002).

El sistema de pastoreo casi siempre es continuo, aunque en la actualidad la implementación de sistemas de pastoreo racional intensivo se ha logrado tener resultados sobresalientes, donde se han alcanzado producciones de alrededor de 9,360 litros por hectárea y producciones de carne de 1,730 Kg. por hectárea (De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

Como ya se mencionó, el SDP se caracteriza por la baja adopción y aplicación de tecnología en las unidades de producción como resultado del tradicionalismo en los esquemas de producción y venta de los productos del sistema, donde la leche principalmente se comercializa directamente a puerta de corral o mediante intermediarios para su posterior industrialización en quesos frescos por particulares o empresas acopiadoras de leche locales o regionales, nacionales o transnacionales que aprovechan la estacionalidad de la producción, disminuyendo el precio de la misma en épocas de abundancia (DGGAN-

SAGARPA, 2000a). La producción de carne está constituida por la venta de animales de desecho, que se realiza por lo general con carniceros o tablajeros locales, y por la venta de los becerros ya sea destetados, al año y en algunos pocos casos a media ceba, donde por lo general se venden mediante acopiadores locales y regionales (DGGAN-SAGARPA, 2000b).

Otra de las ventajas del SDP es su gran versatilidad y flexibilidad al momento de definir a que producto (leche o carne) darle mayor peso específico, en función de la situación del mercado del producto. Por ejemplo, cuando un ganadero tiene problemas con la venta de la producción de leche, la decisión inmediata es solo ordeñar la cantidad que se puede colocar en el mercado y el resto dársele a los becerros; con esto el productor soluciona el problema de la oferta de leche y además tiene mejores peso al destete (Villegas y Román, 1986; Seré, 1988; De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

2.3 ANTECEDENTES DE MEJORAMIENTO GENÉTICO EN REGIONES TROPICALES

2.3.1. PRODUCCIÓN DE LECHE

2.3.1.1 EN EL MUNDO

Dentro de los sistemas tropicales de producción de leche podemos encontrar diversas experiencias, que van desde la introducción de animales especializados en producción de leche, hasta animales locales adaptados a las condiciones ambientales pese a una baja eficiencia productiva.

Las principales razones por las cuales algunas introducciones de animales de razas especializadas a regiones tropicales no han tenido éxito, han sido problemas de salud y adaptación, diferentes objetivos de producción entre las regiones de origen y las regiones tropicales, escasez o ausencia de infraestructura requerida para la recolección y procesamiento de la información producida y aspectos genéticos y fisiológicos no similares en el mejoramiento genético de características específicas en las regiones tropicales (Künzi y Krof, 1986).

McDowell (1996) agregó a lo anterior costos elevados de mantenimiento y producción dejando márgenes de ganancia menores o inclusive pérdidas en comparación de los sistemas tradicionales de producción.

De Dios (2001) realizó una revisión de resultados de diversas razas especializadas en diversas áreas tropicales donde mostró que las producciones alcanzadas fueron muy inferiores a las de los sistemas de producción y regiones de donde fueron originarias esas razas, como se muestra en el Cuadro 1.

Los sistemas de cruzamiento han sido herramientas de mejoramiento genético de las razas locales o criollas y cebuínas, mediante la importación de semen, embriones y sementales *B. taurus* para su uso posterior en hembras locales. McDowell (1996) comentó que en la India se incrementó la producción de leche en un 4 a 6% anual durante 20 años, principalmente apareando sementales de razas lecheras especializadas con vacas nativas obteniendo vacas con mayor potencial productivo.

El caso de Tanzania es de particular importancia por que el uso de sistemas de cruzamiento se remonta a principios de los 30's aunque se formalizó en 1958, mediante el uso de metodologías adecuadas para el desarrollo, pruebas de progenie, selección, sistemas de control de producción y sistemas de apareamiento. Los objetivos principales fueron, por un lado desarrollar una raza de ganado en la cual las vacas produjeran 2270 Kg. de leche de buena calidad por año y que destetaran becerros de buena calidad de canal de alrededor de 230 Kg. sin dependencia de grandes cantidades de concentrado y por el otro determinar los parámetros genéticos de las características del ganado bovino de doble propósito bajo condiciones locales. Aunque no se logró el objetivo de producción, ésta si se vió incrementada al producir en la primera, segunda y tercera lactancias entre 1200 y 1530, entre 1425 y 1675 y entre 1475 y 1800 Kg., respectivamente (Gezt *et al.*, 1986).

Otro ejemplo de mejoramiento es el de la India donde Tanajena y Bhat (1986) relataron el inicio de la introducción de germoplasma importado a la India

alrededor de 1857, con la introducción de la raza Ayrshire (**AY**). En 1889 las autoridades militares iniciaron la introducción de lecherías utilizando principalmente las razas Shorthorn (**SS**), AY y Holstein (**HS**). En el caso de la raza HS los cruzamientos se llevaron mediante un sistema rotacional con sementales Cebú (**CE**) y los grupos raciales se mantuvieron entre 3/8 y 3/4 de HS. Los resultados sugieren que los grupos raciales entre 1/2 y 3/4 fueron mejores en crecimiento corporal, reproducción y producción de leche. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de la producción y duración de las primeras lactancias para los genotipos evaluados en la India.

En Australia, Hewetson *et al.* (1986) reportaron la formación de la raza **AMZ** (Australian Milking Zebu) mediante el establecimiento de un programa de cruzamiento y selección con la finalidad de formar una raza productora de leche y resistente a las enfermedades prevalentes dentro de las regiones tropicales de Australia. Se utilizaron dos razas cebuínas, Sahiwal (**SW**) y Red Sindhi (**SR**), y como raza europea se utilizó a la raza Jersey (**JE**), manteniendo los porcentajes de genes cebuínos entre el 30 y 35% y siendo la SW la de mayor uso debido a su comportamiento productivo sobresaliente. Posteriormente se incluyeron genes de razas de mayor tamaño, principalmente HS aunque también las razas Guernsey (**GE**) y Suizo Pardo (**SP**) fueron utilizadas. Se reportó un rango de producción de leche de entre 2000 y 3500 Kg. dependiendo de las condiciones de manejo, haciendo mención de un hato en Malasia donde las vacas AMZ promediaron 2106 Kg. de leche con 4.5% de grasa en comparación de 1917 Kg. de leche y 3.8% de las HS.

En la década de los 60, en Cuba, se iniciaron trabajos de mejoramiento genético basándose en la utilización de la raza Cebú, la cual representaba el 95% del inventario en ese momento, y en la introducción de la raza HS (López y Ribas, 1993). El objetivo principal del programa fue el de llegar a formar una población seleccionada a partir de los animales mejor adaptados a las condiciones ambientales de Cuba mediante cruzamientos absorbentes utilizando sementales

de alto valor genético y creando nuevas razas donde no se excediese el 75% de genes de origen Holstein. Los genotipos a desarrollar fueron Sinoney **(SBC)** (5/8 HS 3/8 CE), Mambi **(MMC)** (3/4 HS 1/4 CE), Taino **(TNC)** (5/8 HS 3/8 Criollo) y Caribe de Cuba **(CRC)** (5/8 HS 3/8 Santa Gertrudis). La producción de leche de SBC presentó un rango de producción entre 2500 y 2809 Kg. y una duración de lactancia entre 257 y 271 días; y para MMC la producción de leche reportada fue de 3403 Kg. en 270 días basada en 1780 registros productivos. Las heredabilidades estimadas para leche total fueron 0.26 ± 0.06 y 0.25 ± 0.04 en SBC y MMC, respectivamente. Como resultado de varias comparaciones entre MMC y SBC, se obtuvo que para la producción a 244 días la diferencia favorece a MMC en alrededor de 200 Kg., sin embargo el porcentaje de grasa favorece a SBC, por lo que al final la producción de grasa total es igual para ambos genotipos.

En Brasil, Madalena (1989) describió su experiencia con la utilización de razas europeas, principalmente HS y CE, predominantemente Gir y Guzerat. El trabajo tuvo como objetivo obtener vacas cruzadas para sistemas donde la producción de leche fuera de 2,500 Kg./vaca/año, fijando un genotipo de 5/8 HS x 3/8 CE, tomando esta decisión con base a una encuesta donde se puntualizó que los genotipos 5/8, 3/4 y 7/8 eran los que mejor comportamiento productivo presentaban en comparación con las media sangre y los animales puros. La producción promedio de los 14 hatos elite para la selección de hembras, fue de 2549 Kg. en 6092 lactancias de 2300 vacas.

En Venezuela, García y Nava (1999) reportaron medias para producción de leche y producción de leche corregida a 305 días de $4,214 \pm 625.69$ y $4,581.60 \pm 783.97$ y de $5,147.89 \pm 869.03$ y $5,715.85 \pm 1,029.81$, para dos grupos raciales, 1/2 y 3/4 HS, respectivamente. Peña *et al.* (1997), en un trabajo en el que intentaron clasificar los sistemas de producción de doble propósito en Venezuela, mencionaron que en 2 municipios donde se llevó a cabo el trabajo, el 88.1% de los animales correspondían al genotipo "Mosaico perijanero", el cual se menciona que

es el resultado de cruzas indiscriminadas de diversas razas; siendo el 6.5% predominantemente Brahman, el 4.3% HS y 1.1% SP. Las producciones reportadas fueron de 6.1 litros/vaca/día con una duración de lactancia de 256 ± 41 días, presentando rangos que van de los 5.6 a los 6.5 litros / vaca /día y los 248 a 268 días en lactancia.

De Dios (2001), realizó una revisión de resultados de diversas cruzas entre razas especializadas en diversas áreas tropicales con *B. indicus* donde mostró que las mejores producciones se encuentran en los grupos raciales entre 50 y 75% de genes de razas especializadas, como se muestra en el Cuadro 3.

2.3.1.2 EN MÉXICO

En las RTM, los primeros intentos de realizar mejoramiento genético se realizaron mediante la introducción de razas especializadas en producción de leche (como la HS y SP de países como Estados Unidos de América y Canadá), como fue el caso de lo que se denominó “Complejo Agroindustrial de la Chontalpa” que contó con 22 ejidos y 81,000 Has. en el año de 1966, mediante un crédito de 80 millones de dólares estadounidenses del Banco Interamericano de Desarrollo y del Gobierno Federal. Dentro de las experiencias de la Chontalpa se obtuvieron lactancias totales en promedio de 3,075 kilos de leche y 327 días de duración de lactancia (Martínez *et al.*, 1986). Desafortunadamente La Chontalpa fue uno de los mayores fracasos de la industria pecuaria en México, debido a la falta de viabilidad económica y a la elección de un sistema de producción impulsado y promovido para esta región inadecuado para sus condiciones ambientales y de producción.

Dentro del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, hoy Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (**INIFAP**), los trabajos de introducción de razas especializadas de origen europeo se remontan a 1962 en el Campo Experimental “La Posta” (**CELP**), cuando se adquirieron vacas de las razas HS, SP y JE de las regiones templadas de México, principalmente del Bajío y de países como Estados Unidos y Canadá, con la finalidad de encontrar

las practicas adecuadas que permitirían a los animales expresar su potencial (Román *et al.*, 1978).

Estos esfuerzos resultaron en producciones de 3,661 y 2,723 Kg. de leche por lactancia en 300 y 295 días para las cruzas de CE con las razas HS y SP, respectivamente (Rodríguez, 1981). Posteriormente, Becerril *et al.*, (1981), en el mismo campo experimental reportaron producciones de 2,980 y 2,812 Kg. de leche por lactancia en 296 ± 8 y 290 ± 7 días, para HS y SP respectivamente, para que poco después, Román *et al.*, (1983) y Manríquez *et al.*, (1983) reportaran con 228 y 259 observaciones para HS y SP, producciones de leche de $3,212 \pm 72$ y $2,737 \pm 55$ con duraciones de lactancia de 310 ± 5.5 y 301 ± 5.0 días, respectivamente. Para las primeras lactancias se reportaron producciones de leche de $2,436 \pm 216$ y $2,120 \pm 168$ con duración de lactancia 279 ± 19.4 y 262 ± 14.6 días para HS y SP, respectivamente.

En el Campo Experimental “Aldama” (**CEA**) en el sur de Tamaulipas se describieron la producción de vacas HS y SP en sistemas de pastoreo rotacional intensivo y semi intensivo, obteniendo producciones de leche de 2,529 y 2,460, y 292 y 285 días de lactancia para ambos sistemas de pastoreo (Treviño *et al.*, 1981).

En la sierra oriente de Puebla en el **Campo Experimental “Las Margaritas” (CELM)** en un hato de ganado SP manejado en pastoreo continuo, se reportaron 48 lactancias completas presentando una producción de leche total $2,434 \pm 503$ kg y una duración de lactancia de 295 ± 43 días (Ortiz y Robles, 1983). Posteriormente, en 1987 se reportaron producciones de leche de 3,311 kilos por lactancia y 311 días de lactancia, utilizando la información de 653 lactancias de vacas SP y mas tarde, en 1989, se reportaron producciones de leche de 1,725 Kg. por lactancia y 317 días de duración de lactancia, bajo un sistema de manejo de doble propósito (Galaviz *et al.*, 1987; Gleaves *et al.*, 1989). En Oaxaca se reportó que vacas de la raza SP presentaron producciones de leche diarias de 5.83 kilos por día (Guzmán, 1985).

En Yucatán, en el Campo Experimental “Tizimín” (**CET**), se reportaron producciones de vacas HS en un sistema de pastoreo rotacional de 2,385 kilos de leche por lactancia en 336 días de lactancia (Portugal *et al.*, 1981).

Román (1986) y De Dios (2001), hicieron un recuento de las experiencias obtenidas en los diferentes campos experimentales del hoy INIFAP, mostrando producciones por lactancia menores a las obtenidas en las regiones templadas del país y mostrando resultados similares entre los diversos campos experimentales del INIFAP, como lo muestran los Cuadros 4 y 5.

Se han reportado experiencias en explotaciones particulares. Tal es el caso de Román y Román (1981) y Villegas y Román (1986), quienes con la información de un rancho comercial en la Región denominada Huasteca en Veracruz, presentaron producciones de leche de 762 ± 23.5 kilos de leche por lactancia en 168 ± 3.8 días de lactancia, con el ganado CR (Cruzas indefinidas de CE y SP) del rancho, y conforme se implementó un sistema de cruzamiento alterno con toros HS y CE con la intención de mantener la proporción de genes europeos entre 50 y 75% se alcanzaron producciones superiores a los 1,300 Kg. como se muestra en el Cuadro 6.

Dentro de los primeros reportes sobre resultados de animales cruzados dentro del CELP, Becerril *et al.* (1981) reportaron la producción y duración de lactancias de 62 y 25 observaciones de vacas F1 HS y SP por CE, donde las primeras mostraron 2,149 kilos en 214 días y las segundas 1,302 en 173 días. En el CEA se describieron la producción de vacas HS X CE en sistemas de pastoreo rotacional intensivo y semintensivo, obteniendo producciones de leche de 2,313 y 274 kilos de leche por lactancia, (Treviño *et al.*, 1981) mientras que en el CET se reportó que vacas HS X CE en un sistema de pastoreo rotacional alcanzaron producciones de 2,654 kilos de leche por lactancia en 336 días de lactancia (Portugal *et al.*, 1981). Por otro lado, Guzmán (1985) reportó que en Oaxaca, vacas de la raza SP X CE, JE X CE y HS X CE, presentaron producciones diarias de 5.50, 3.28 y 3.39 kilos de leche.

En el Campo Experimental “Balancán” (**CEB**), se reportaron producciones de leche para vacas HS, SP y Simmental (**SM**) por CE, presentando rangos para cada grupo genético de 677 a 1,309, 588 a 1,204 y 910 a 1,168 kilos por lactancia y de 203 a 229, 203 a 220 y 200 a 257 días de duración de lactancia, respectivamente (Día del ganadero, 1986). En el Campo Experimental “Playa Vicente” (**CEPV**) se reportaron producciones de leche para vacas 1/2 SP y 1/2 SM por CE de 1,410 en 254 para las primeras y 1,371 en 261 para las segundas, (Arreguin, 1988). En el CELM con información de vacas 1/2 HS, 1/2 SP y 1/2 SM por CE, se reportaron producciones de leche de 1,632, 1159 y 1193 kilos por lactancia en 280, 243 y 240 días de lactancia. (Gleaves *et al.*, 1989).

El Proyecto Nacional “Mejoramiento Genético del Ganado Bovino de Doble Propósito en el Trópico Mexicano”, donde participan diversos campos experimentales del INIFAP distribuidos dentro de las RTM y que tiene como objetivo la formación de tres razas sintéticas especializadas en doble propósito, con una constitución genética 5/8 HS, 5/8 SP y 5/8 SM por CE, reportó el comportamiento productivo de los diversos genotipos utilizados y evaluados por dicho proyecto, resultados que se presentan en el Cuadro 7. (Castañeda *et al.*, 2000). Siendo los genotipos que se encuentran entre el 50 y 75% de genes *B. taurus* los que mejor comportamiento productivo han presentado dentro de los hatos participantes en el mencionado proyecto.

De Dios (2001), realizó una revisión de resultados de experiencias de la utilización de las cruzas de razas especializadas con ganado Cebú o criollo en diversas áreas tropicales de México mostrando superioridad de HS sobre SP para producción por lactancia como se muestra en el Cuadro 8.

2.3.2 CRECIMIENTO CORPORAL

El crecimiento corporal se define como el aumento en peso, talla y cambios en la composición corporal de un animal en un periodo de tiempo determinado.

Este depende del genotipo y de efectos ambientales, permanentes y temporales que han afectado el desarrollo del animal (Blasco, 2004).

La heterosis (**HTs**) ha sido ampliamente discutida como uno de los efectos genéticos de mayor importancia para las características de crecimiento corporal del ganado bovino, es por eso que a continuación revisaremos algunos trabajos donde se estudia este efecto genético.

2.3.2.1. ANTECEDENTES EN EL MUNDO

En los Estados Unidos de América, Gregory *et al.* (1965) utilizaron información de una población de ganado bovino resultado del cruzamiento de las razas Hereford (**HE**), SS y Angus (**AN**) y estimaron mediante mínimos cuadrados la HTs para el peso al nacimiento, promedio de la ganancia diaria de peso predestete, ganancia a los 200 días y la conformación al destete, resultando significativas todas ellas ($P < 0.01$). Alenda *et al.* (1980) con información de una población de las razas AN, Charoláis (**CH**) y HE, donde había animales puros, cruza recíprocas de 2 razas, retrocruzas y cruza de 3 razas, estimaron los efectos aditivos de raza, HTs individual y materna y el efecto materno total. La HTs individual entre CH y AN para peso al nacimiento no fue significativa y para CH y HE fue muy pequeña, no siendo así para HE y AN fue de 1.2 Kg. (3.9%). La HTs para peso a los 205 días para los cruzamientos AN – HE, AN – CH y CH y HE fue de 9.6 Kg. (5.5%), 6.5 Kg. (3.5%) y 3.8 Kg. (2.0%), respectivamente. Los efectos maternos para CH fueron negativos, positivos para HE y para AN fueron diferentes e intermedios entre CH y HE. Dillard *et al.* (1980) analizaron peso al nacimiento, ganancia diaria promedio predestete, peso al destete y tipo utilizando información de 2910 becerros producto de la cruce de AN, HE, y CH, de donde se originaron 22 grupos raciales, de los cuales 2 fueron puros y 20 cruzados, encontrando efectos sobre promedio de ganancia diaria de peso y peso al destete para las cruza de AN – HE y HE – CH y para tipo solo para la cruza de HE – CH. Para la HTs materna hubo efecto sobre todas las características sobre todas las razas,

ESTIMACION DE COMPONENTES DE VARIANZA Y COVARIANZA EN UNA POBLACION MULTIRRACIAL DE GANADO BOVINO DENTRO DE UN SISTEMA DE DOBLE PROPOSITO EN EL TROPICO MEXICANO

RESUMEN

Con el objetivo de estimar varianzas y covarianzas genéticas de la producción de leche y algunas características de crecimiento corporal, dentro de una población multirracial de ganado bovino bajo un sistema de doble propósito en el trópico mexicano. Se utilizó información de 6 hatos en 5 campos experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Se utilizaron 5040 registros de lactancias completas y útiles de las cruces de Cebú con Holstein (HS), Suizo Pardo (SP) y Simmental (SM) (2253, 1921 y 866, respectivamente), y 4520 registros de pesos corporales al nacimiento (PN) (n = 4429) y ajustados a 90 (n = 1700), 205 (n = 3878), 365 (n = 3017) y 540 (n = 2276) días (P n en días). Se utilizó un modelo de repetibilidad para la estimación de los componentes de varianza para producción de leche (PL) y para las características de crecimiento corporal se utilizó un modelo animal donde se incluyeron los efectos genéticos directos, genéticos maternos y ambientales permanentes maternos. Para estimar las covarianzas entre PN, P205, P365 y P540 se utilizó un modelo animal multivariado que incluyó los efectos genéticos directos, maternos y ambientales permanentes solo para PN y P205. . Para evaluar el grado de asociación genética entre características de crecimiento y producción de leche se estimaron los componentes de (Co) varianza entre PL y P205 se utilizó un modelo semental bivariado. En todos los análisis se incluyeron los efectos fijos de hato, año, época de parto o nacimiento. Para las características de crecimiento se incluyó también el sexo del animal. Se estimaron los coeficientes de regresión para la proporción de genes europeos (PG), heterocigosidad (HT) y pérdidas por recombinación (RC), utilizando el programa ASREML. La heredabilidad para producción total de leche fue de 0.12 ± 0.037 ; la repetibilidad de 0.34 ± 0.018 ; los

coeficientes de regresión diferentes de cero fueron PG para Holstein y Suizo Pardo y HT para Simmental ($P < 0.1$). Las heredabilidades totales para peso al nacimiento, peso a los 90, 205, 365 y 540 días fueron 0.20, 0.32, 0.38, 0.28 y 0.29, respectivamente. Los coeficientes de regresión para HT, PG y RC en su mayoría fueron diferentes de cero ($P < 0.1$). Las correlaciones genéticas aditivas directas y maternas fueron de moderadas a bajas y negativas entre peso al nacimiento y las otras características de crecimiento corporal (-0.163 a -0.339 y -0.080 a -0.155, respectivamente). Las correlaciones genéticas aditivas directas y maternas entre peso ajustado a los 205, 365 y 540 días fueron altas y positivas (0.80 a 0.90 y 0.88 a 0.96, respectivamente). La covarianza entre producción de leche y peso al destete en el presente trabajo presentó un valor bajo y positivo (0.198 ± 0.445), no siendo posible diferenciarlo de cero. Se concluye que la variación explicada por los factores no aditivos debe de ser tomada en cuenta para el diseño de programas de mejoramiento genético y que no es de esperarse mejoras genéticas en peso al destete al seleccionar para producción de leche o viceversa, por lo que es necesario evaluar ambas características.

Palabras Clave. Heredabilidad, Repetibilidad, Heterocigosidad, Pérdida por recombinación, Doble propósito.

VARIANCE AND COVARIANCE COMPONENTS ESTIMATION IN A MULTIBREED CATTLE POPULATION UNDER A DUAL PURPOSE SYSTEM IN THE MEXICAN TROPIC.

SUMMARY

Information from six herds in five research stations of the National Research Institute for Forestry, Agronomy and Livestock Research was used. Complete lactation records (PL) and growth records at birth (PN), 90 (P90), 205 (P205), 365 (P365) and 540 (P540) d of age from zebu crosses with Holstein (HS), Brown Swiss (SP) and Simmental (SM) were used (2253, 1921 and 866; 4429, 1700, 3878, 3017 and 2276, respectively). Restricted maximum likelihood (REML) with a repeatability model was used to estimate variance components for milk yield (PL) while REML and an animal model were used for growth traits where direct and maternal genetic effects and maternal permanent environment were included. To estimate covariances among growth traits a multivariate animal model was fitted where direct and maternal genetic and maternal permanent environment effects were included. To evaluate the genetic association between growth and milk production traits, (co)variance components for PN and P205 were estimated. All analyses were included herd, year and season of freshening or birth. For growth traits sex was also included. Regression coefficients for percentage of *Bos taurus* genes (PG), heterozygosity (HT) and recombination loss (RC) were estimated using ASREML software. Heritability for PL was 0.12 ± 0.037 while repeatability was 0.34 ± 0.018 ; regression coefficients for PG (HS and SP) and HT (SM) were different from zero ($P < 0.10$). Total heritability for PN, P90, P205, P365 and P540 were 0.20, 0.32, 0.38, 0.28 and 0.29, respectively. Regression coefficients for PG, HT and RC almost always differed from zero ($p > 0.01$). Direct and maternal genetic correlations among PN and the other growth traits were low and negative. Direct and maternal genetic correlations among P205, P365 and P540 were high and positive. Genetic correlation between PL and P205 in the present study was low, negative (0.198 ± 0.445) and not different from zero. It is concluded that variation explained by non

additive factors should be included in the design of genetic improvement programs of crossbred dual purpose populations and that no improvement should be expected on milk yield or P205 when selecting for the other trait, thus requiring the inclusion of both traits in genetic evaluations.

Keywords. Heritability, repeatability, Heterozigosity, Recombination loss, Dual purpose.

1. INTRODUCCIÓN

El hato bovino en México está constituido por aproximadamente 30.62 millones de cabezas de ganado; que produjeron en 2002 9.658 millones de litros de leche y 1.467 millones de toneladas de carne de canal y 2.809 millones de toneladas de carne en pie. (DGGGAN-SAGARPA, 2000 a y b; Koppel *et al.*, 2002; SIACON, 2003; Ruiz *et al.*, 2004).

En 1998 México importó aproximadamente el 39% de la leche fluida, 10% de la leche descremada en polvo y el 5% de la leche entera en polvo disponibles a nivel mundial entre otros productos derivados de la leche; a la vez que el consumo aparente diario fue de 0.274 litros de leche y 100.2 litros per capita anual en el mismo año; de éstos, el 86.25% provino de la producción nacional y el 13.85% fue resultado de las importaciones. En el caso de la carne de bovino, el consumo aparente anual fue de 15.4 kilogramos de carne de bovino de la cual alrededor del 20.6% es importada, principalmente de los Estados Unidos (DGGGAN-SAGARPA, 2000a).

En el país encontramos tres regiones ecológicas donde se practica la ganadería; la región templada donde se producen el 47% de la producción de leche y 31.6% de la de carne; la región árida y semiárida que contribuye con el 37% de la producción de leche y el 33% de la de carne; y la región tropical que aporta el 16% de la producción de leche y el 35.4% de la de carne del país (DGGGAN-SAGARPA, 2000a).

Las regiones tropicales de México (**RTM**) húmedas y secas cuentan con 55.6 millones de hectáreas que representan el 28% de la superficie nacional; de las cuales casi 18.9 millones de hectáreas (37%) están dedicadas a actividades ganaderas con alrededor del 40% del inventario ganadero del país (DGGGAN-SAGARPA, 2000a). Los estados que cuentan con el mayor número de vientres en producción bajo el sistema de doble propósito (**SDP**) son: Chiapas, Veracruz,

Jalisco, Guerrero, Guanajuato, Tabasco, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas, y aunque se ha considerado que el SDP principalmente se desarrolla en las RTM, se puede encontrar en entidades con clima árido y semiárido (García, 1988; DGGGAN-SAGARPA, 2000a; Ruiz *et al.*, 2004).

El SDP es el predominante en las RTM; cuenta con 2.4 millones de hembras que representan cerca del 60% de los vientres del país que se dedican a la producción de leche de bovino, aunque con este alto número de vientres solo aporta a la producción nacional alrededor del 19.5% de la producción de leche del país y del 40% de la producción de carne. A pesar de la importancia en la participación en el inventario ganadero, el SDP no participa en igual medida en la producción nacional (De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002), en parte debido a que el SDP presenta ineficientes índices productivos donde la producción diaria de leche promedio por vaca es de 3 a 9 Kg. con una duración de lactancia entre los 120 a 180 días y un periodo interparto entre 18 y 24 meses (De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

Los hatos de los SDP en su mayoría están constituidos por animales cruzados con un alto porcentaje de razas cebuínas (*Bos indicus*) y ganado local con cruza de razas europeas (*Bos taurus*), en proporciones por lo general desconocidas y mediante sistemas de cruzamientos desordenados y poco sistematizados.

El mejoramiento genético en los SDP, mediante cruzamientos ordenados y sistemáticos, utilizando animales genéticamente superiores para la producción de leche y crecimiento corporal, adaptados a las RTM y evaluados bajo estas condiciones ambientales es una opción viable; no solo porque existen efectos genéticos sobre las características productivas, sino porque existe germoplasma disponible para ser introducido o seleccionado mediante esquemas adecuados de selección sobre las características económicamente importantes en el SDP. Este ha sido el esquema que ha implementado el INIFAP en sus programas de mejoramiento genético de ganado de doble propósito **(DP)**.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EN LAS REGIONES TROPICALES EN EL PAÍS

Las RTM están comprendidas desde el paralelo 24° Norte hasta la frontera sur que comprenden el estado de Chiapas y su colindancia con Guatemala y Belice (García, 1988); comprenden 55.6 millones de hectáreas de las cuales 31.7 y 23.9 son de trópico seco y húmedo y representan el 16 y 12% del territorio nacional respectivamente (García, 1988).

Además en México, están representados los grupos de climas A, B y C de la clasificación de Köppen; los climas de grupo D no existen en un país tropical como México mientras que los climas del grupo E solo se localizan en áreas muy reducidas.

2.2 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE DOBLE PROPÓSITO

El SDP es definido y caracterizado por que la vaca además de producir cierta cantidad de leche destinada a su venta o transformación, también tiene que criar directamente a su becerro; el cual por lo general es mantenido en el hato hasta su destete, momento en el cual es vendido; lo que quiere decir que tiene ingresos importantes tanto por la producción de leche como por la venta de la carne en forma de becerro para engorda o directamente a sacrificio (Villegas y Román, 1986; De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

El sistema de crianza de los becerros en el SDP, se realiza mediante diversos sistemas; uno de ellos es la “rejejería tradicional” o “arreo al medio día” que consiste en que una vez realizado el ordeño, que suele ser uno al día, se sueltan vaca y becerro juntos en las praderas o potreros y al medio día son separados. Otro sistema es el amamantamiento restringido, el cual consiste en que el becerro apoya a la bajada de la leche (amamanteo) y después solo toma la

leche residual que queda en la ubre a la vaca durante el tiempo en que se tarda en concluir el ordeño del resto de las vacas; bajo este sistema el ordeño puede ser una o dos veces al día y en algunos casos durante los primeros meses de vida se le deja un cuarto al becerro. En ambos sistemas el destete se realiza entre los 6 y 7 meses de edad. Por último el sistema de crianza artificial, que consiste en retirar al becerro de la vaca alrededor del día 5 de vida y alimentarlo mediante sustitutos de leche o leche hasta los 90 ó 120 días, ha sido implementado recientemente en las RTM (Villegas y Román, 1986; Seré, 1988; De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

Posterior al destete toda la alimentación se realiza comúnmente de manera extensiva bajo praderas de gramas nativas tropicales (*Paspalum sp* y *Axonopus sp*) y en menor medida pastos tropicales introducidos de calidad variable entre los que se pueden mencionar el Guinea, Privilegio o Zacatón (*Panicum maximum*), Estrella de África (*Cydonon plectostachyus*), Elefante o Gigante (*Pennisetum purpureum*), Alemán (*Echinochloa polistachya*), Brachiarias (*B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. brizantha*, *B. mutica*) y forrajes de corte como el Taiwan (cruza de *Peninisetum purpureum*) (Koppel *et al.*, 2002).

El sistema de pastoreo casi siempre es continuo, aunque en la actualidad la implementación de sistemas de pastoreo racional intensivo se ha logrado tener resultados sobresalientes, donde se han alcanzado producciones de alrededor de 9,360 litros por hectárea y producciones de carne de 1,730 Kg. por hectárea (De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

Como ya se mencionó, el SDP se caracteriza por la baja adopción y aplicación de tecnología en las unidades de producción como resultado del tradicionalismo en los esquemas de producción y venta de los productos del sistema, donde la leche principalmente se comercializa directamente a puerta de corral o mediante intermediarios para su posterior industrialización en quesos frescos por particulares o empresas acopiadoras de leche locales o regionales, nacionales o transnacionales que aprovechan la estacionalidad de la producción, disminuyendo el precio de la misma en épocas de abundancia (DGGAN-

SAGARPA, 2000a). La producción de carne está constituida por la venta de animales de desecho, que se realiza por lo general con carniceros o tablajeros locales, y por la venta de los becerros ya sea destetados, al año y en algunos pocos casos a media ceba, donde por lo general se venden mediante acopiadores locales y regionales (DGGAN-SAGARPA, 2000b).

Otra de las ventajas del SDP es su gran versatilidad y flexibilidad al momento de definir a que producto (leche o carne) darle mayor peso específico, en función de la situación del mercado del producto. Por ejemplo, cuando un ganadero tiene problemas con la venta de la producción de leche, la decisión inmediata es solo ordeñar la cantidad que se puede colocar en el mercado y el resto dársela a los becerros; con esto el productor soluciona el problema de la oferta de leche y además tiene mejores peso al destete (Villegas y Román, 1986; Seré, 1988; De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002).

2.3 ANTECEDENTES DE MEJORAMIENTO GENÉTICO EN REGIONES TROPICALES

2.3.1. PRODUCCIÓN DE LECHE

2.3.1.1 EN EL MUNDO

Dentro de los sistemas tropicales de producción de leche podemos encontrar diversas experiencias, que van desde la introducción de animales especializados en producción de leche, hasta animales locales adaptados a las condiciones ambientales pese a una baja eficiencia productiva.

Las principales razones por las cuales algunas introducciones de animales de razas especializadas a regiones tropicales no han tenido éxito, han sido problemas de salud y adaptación, diferentes objetivos de producción entre las regiones de origen y las regiones tropicales, escasez o ausencia de infraestructura requerida para la recolección y procesamiento de la información producida y aspectos genéticos y fisiológicos no similares en el mejoramiento genético de características específicas en las regiones tropicales (Künzi y Krof, 1986).

McDowell (1996) agregó a lo anterior costos elevados de mantenimiento y producción dejando márgenes de ganancia menores o inclusive pérdidas en comparación de los sistemas tradicionales de producción.

De Dios (2001) realizó una revisión de resultados de diversas razas especializadas en diversas áreas tropicales donde mostró que las producciones alcanzadas fueron muy inferiores a las de los sistemas de producción y regiones de donde fueron originarias esas razas, como se muestra en el Cuadro 1.

Los sistemas de cruzamiento han sido herramientas de mejoramiento genético de las razas locales o criollas y cebuínas, mediante la importación de semen, embriones y sementales *B. taurus* para su uso posterior en hembras locales. McDowell (1996) comentó que en la India se incrementó la producción de leche en un 4 a 6% anual durante 20 años, principalmente apareando sementales de razas lecheras especializadas con vacas nativas obteniendo vacas con mayor potencial productivo.

El caso de Tanzania es de particular importancia por que el uso de sistemas de cruzamiento se remonta a principios de los 30's aunque se formalizó en 1958, mediante el uso de metodologías adecuadas para el desarrollo, pruebas de progenie, selección, sistemas de control de producción y sistemas de apareamiento. Los objetivos principales fueron, por un lado desarrollar una raza de ganado en la cual las vacas produjeran 2270 Kg. de leche de buena calidad por año y que destetaran becerros de buena calidad de canal de alrededor de 230 Kg. sin dependencia de grandes cantidades de concentrado y por el otro determinar los parámetros genéticos de las características del ganado bovino de doble propósito bajo condiciones locales. Aunque no se logró el objetivo de producción, ésta si se vió incrementada al producir en la primera, segunda y tercera lactancias entre 1200 y 1530, entre 1425 y 1675 y entre 1475 y 1800 Kg., respectivamente (Gezt *et al.*, 1986).

Otro ejemplo de mejoramiento es el de la India donde Tanajena y Bhat (1986) relataron el inicio de la introducción de germoplasma importado a la India

alrededor de 1857, con la introducción de la raza Ayrshire (**AY**). En 1889 las autoridades militares iniciaron la introducción de lecherías utilizando principalmente las razas Shorthorn (**SS**), AY y Holstein (**HS**). En el caso de la raza HS los cruzamientos se llevaron mediante un sistema rotacional con sementales Cebú (**CE**) y los grupos raciales se mantuvieron entre 3/8 y 3/4 de HS. Los resultados sugieren que los grupos raciales entre 1/2 y 3/4 fueron mejores en crecimiento corporal, reproducción y producción de leche. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de la producción y duración de las primeras lactancias para los genotipos evaluados en la India.

En Australia, Hewetson *et al.* (1986) reportaron la formación de la raza **AMZ** (Australian Milking Zebu) mediante el establecimiento de un programa de cruzamiento y selección con la finalidad de formar una raza productora de leche y resistente a las enfermedades prevalentes dentro de las regiones tropicales de Australia. Se utilizaron dos razas cebuínas, Sahiwal (**SW**) y Red Sindhi (**SR**), y como raza europea se utilizó a la raza Jersey (**JE**), manteniendo los porcentajes de genes cebuínos entre el 30 y 35% y siendo la SW la de mayor uso debido a su comportamiento productivo sobresaliente. Posteriormente se incluyeron genes de razas de mayor tamaño, principalmente HS aunque también las razas Guernsey (**GE**) y Suizo Pardo (**SP**) fueron utilizadas. Se reportó un rango de producción de leche de entre 2000 y 3500 Kg. dependiendo de las condiciones de manejo, haciendo mención de un hato en Malasia donde las vacas AMZ promediaron 2106 Kg. de leche con 4.5% de grasa en comparación de 1917 Kg. de leche y 3.8% de las HS.

En la década de los 60, en Cuba, se iniciaron trabajos de mejoramiento genético basándose en la utilización de la raza Cebú, la cual representaba el 95% del inventario en ese momento, y en la introducción de la raza HS (López y Ribas, 1993). El objetivo principal del programa fue el de llegar a formar una población seleccionada a partir de los animales mejor adaptados a las condiciones ambientales de Cuba mediante cruzamientos absorbentes utilizando sementales

de alto valor genético y creando nuevas razas donde no se excediese el 75% de genes de origen Holstein. Los genotipos a desarrollar fueron Sinoney (**SBC**) (5/8 HS 3/8 CE), Mambi (**MMC**) (3/4 HS 1/4 CE), Taino (**TNC**) (5/8 HS 3/8 Criollo) y Caribe de Cuba (**CRC**) (5/8 HS 3/8 Santa Gertrudis). La producción de leche de SBC presentó un rango de producción entre 2500 y 2809 Kg. y una duración de lactancia entre 257 y 271 días; y para MMC la producción de leche reportada fue de 3403 Kg. en 270 días basada en 1780 registros productivos. Las heredabilidades estimadas para leche total fueron 0.26 ± 0.06 y 0.25 ± 0.04 en SBC y MMC, respectivamente. Como resultado de varias comparaciones entre MMC y SBC, se obtuvo que para la producción a 244 días la diferencia favorece a MMC en alrededor de 200 Kg., sin embargo el porcentaje de grasa favorece a SBC, por lo que al final la producción de grasa total es igual para ambos genotipos.

En Brasil, Madalena (1989) describió su experiencia con la utilización de razas europeas, principalmente HS y CE, predominantemente Gir y Guzerat. El trabajo tuvo como objetivo obtener vacas cruzadas para sistemas donde la producción de leche fuera de 2,500 Kg./vaca/año, fijando un genotipo de 5/8 HS x 3/8 CE, tomando esta decisión con base a una encuesta donde se puntualizó que los genotipos 5/8, 3/4 y 7/8 eran los que mejor comportamiento productivo presentaban en comparación con las media sangre y los animales puros. La producción promedio de los 14 hatos elite para la selección de hembras, fue de 2549 Kg. en 6092 lactancias de 2300 vacas.

En Venezuela, García y Nava (1999) reportaron medias para producción de leche y producción de leche corregida a 305 días de $4,214 \pm 625.69$ y $4,581.60 \pm 783.97$ y de $5,147.89 \pm 869.03$ y $5,715.85 \pm 1,029.81$, para dos grupos raciales, 1/2 y 3/4 HS, respectivamente. Peña *et al.* (1997), en un trabajo en el que intentaron clasificar los sistemas de producción de doble propósito en Venezuela, mencionaron que en 2 municipios donde se llevó a cabo el trabajo, el 88.1% de los animales correspondían al genotipo "Mosaico perijanero", el cual se menciona que

es el resultado de cruzas indiscriminadas de diversas razas; siendo el 6.5% predominantemente Brahman, el 4.3% HS y 1.1% SP. Las producciones reportadas fueron de 6.1 litros/vaca/día con una duración de lactancia de 256 ± 41 días, presentando rangos que van de los 5.6 a los 6.5 litros / vaca /día y los 248 a 268 días en lactancia.

De Dios (2001), realizó una revisión de resultados de diversas cruzas entre razas especializadas en diversas áreas tropicales con *B. indicus* donde mostró que las mejores producciones se encuentran en los grupos raciales entre 50 y 75% de genes de razas especializadas, como se muestra en el Cuadro 3.

2.3.1.2 EN MÉXICO

En las RTM, los primeros intentos de realizar mejoramiento genético se realizaron mediante la introducción de razas especializadas en producción de leche (como la HS y SP de países como Estados Unidos de América y Canadá), como fue el caso de lo que se denominó “Complejo Agroindustrial de la Chontalpa” que contó con 22 ejidos y 81,000 Has. en el año de 1966, mediante un crédito de 80 millones de dólares estadounidenses del Banco Interamericano de Desarrollo y del Gobierno Federal. Dentro de las experiencias de la Chontalpa se obtuvieron lactancias totales en promedio de 3,075 kilos de leche y 327 días de duración de lactancia (Martínez *et al.*, 1986). Desafortunadamente La Chontalpa fue uno de los mayores fracasos de la industria pecuaria en México, debido a la falta de viabilidad económica y a la elección de un sistema de producción impulsado y promovido para esta región inadecuado para sus condiciones ambientales y de producción.

Dentro del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, hoy Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (**INIFAP**), los trabajos de introducción de razas especializadas de origen europeo se remontan a 1962 en el Campo Experimental “La Posta” (**CELP**), cuando se adquirieron vacas de las razas HS, SP y JE de las regiones templadas de México, principalmente del Bajío y de países como Estados Unidos y Canadá, con la finalidad de encontrar

las practicas adecuadas que permitirían a los animales expresar su potencial (Román *et al.*, 1978).

Estos esfuerzos resultaron en producciones de 3,661 y 2,723 Kg. de leche por lactancia en 300 y 295 días para las cruzas de CE con las razas HS y SP, respectivamente (Rodríguez, 1981). Posteriormente, Becerril *et al.*, (1981), en el mismo campo experimental reportaron producciones de 2,980 y 2,812 Kg. de leche por lactancia en 296 ± 8 y 290 ± 7 días, para HS y SP respectivamente, para que poco después, Román *et al.*, (1983) y Manríquez *et al.*, (1983) reportaran con 228 y 259 observaciones para HS y SP, producciones de leche de $3,212 \pm 72$ y $2,737 \pm 55$ con duraciones de lactancia de 310 ± 5.5 y 301 ± 5.0 días, respectivamente. Para las primeras lactancias se reportaron producciones de leche de $2,436 \pm 216$ y $2,120 \pm 168$ con duración de lactancia 279 ± 19.4 y 262 ± 14.6 días para HS y SP, respectivamente.

En el Campo Experimental “Aldama” (**CEA**) en el sur de Tamaulipas se describieron la producción de vacas HS y SP en sistemas de pastoreo rotacional intensivo y semi intensivo, obteniendo producciones de leche de 2,529 y 2,460, y 292 y 285 días de lactancia para ambos sistemas de pastoreo (Treviño *et al.*, 1981).

En la sierra oriente de Puebla en el **Campo Experimental “Las Margaritas” (CELM)** en un hato de ganado SP manejado en pastoreo continuo, se reportaron 48 lactancias completas presentando una producción de leche total $2,434 \pm 503$ kg y una duración de lactancia de 295 ± 43 días (Ortiz y Robles, 1983). Posteriormente, en 1987 se reportaron producciones de leche de 3,311 kilos por lactancia y 311 días de lactancia, utilizando la información de 653 lactancias de vacas SP y mas tarde, en 1989, se reportaron producciones de leche de 1,725 Kg. por lactancia y 317 días de duración de lactancia, bajo un sistema de manejo de doble propósito (Galaviz *et al.*, 1987; Gleaves *et al.*, 1989). En Oaxaca se reportó que vacas de la raza SP presentaron producciones de leche diarias de 5.83 kilos por día (Guzmán, 1985).

En Yucatán, en el Campo Experimental “Tizimín” (**CET**), se reportaron producciones de vacas HS en un sistema de pastoreo rotacional de 2,385 kilos de leche por lactancia en 336 días de lactancia (Portugal *et al.*, 1981).

Román (1986) y De Dios (2001), hicieron un recuento de las experiencias obtenidas en los diferentes campos experimentales del hoy INIFAP, mostrando producciones por lactancia menores a las obtenidas en las regiones templadas del país y mostrando resultados similares entre los diversos campos experimentales del INIFAP, como lo muestran los Cuadros 4 y 5.

Se han reportado experiencias en explotaciones particulares. Tal es el caso de Román y Román (1981) y Villegas y Román (1986), quienes con la información de un rancho comercial en la Región denominada Huasteca en Veracruz, presentaron producciones de leche de 762 ± 23.5 kilos de leche por lactancia en 168 ± 3.8 días de lactancia, con el ganado CR (Cruzas indefinidas de CE y SP) del rancho, y conforme se implementó un sistema de cruzamiento alterno con toros HS y CE con la intención de mantener la proporción de genes europeos entre 50 y 75% se alcanzaron producciones superiores a los 1,300 Kg. como se muestra en el Cuadro 6.

Dentro de los primeros reportes sobre resultados de animales cruzados dentro del CELP, Becerril *et al.* (1981) reportaron la producción y duración de lactancias de 62 y 25 observaciones de vacas F1 HS y SP por CE, donde las primeras mostraron 2,149 kilos en 214 días y las segundas 1,302 en 173 días. En el CEA se describieron la producción de vacas HS X CE en sistemas de pastoreo rotacional intensivo y semintensivo, obteniendo producciones de leche de 2,313 y 274 kilos de leche por lactancia, (Treviño *et al.*, 1981) mientras que en el CET se reportó que vacas HS X CE en un sistema de pastoreo rotacional alcanzaron producciones de 2,654 kilos de leche por lactancia en 336 días de lactancia (Portugal *et al.*, 1981). Por otro lado, Guzmán (1985) reportó que en Oaxaca, vacas de la raza SP X CE, JE X CE y HS X CE, presentaron producciones diarias de 5.50, 3.28 y 3.39 kilos de leche.

En el Campo Experimental “Balancán” (**CEB**), se reportaron producciones de leche para vacas HS, SP y Simmental (**SM**) por CE, presentando rangos para cada grupo genético de 677 a 1,309, 588 a 1,204 y 910 a 1,168 kilos por lactancia y de 203 a 229, 203 a 220 y 200 a 257 días de duración de lactancia, respectivamente (Día del ganadero, 1986). En el Campo Experimental “Playa Vicente” (**CEPV**) se reportaron producciones de leche para vacas 1/2 SP y 1/2 SM por CE de 1,410 en 254 para las primeras y 1,371 en 261 para las segundas, (Arreguin, 1988). En el CELM con información de vacas 1/2 HS, 1/2 SP y 1/2 SM por CE, se reportaron producciones de leche de 1,632, 1159 y 1193 kilos por lactancia en 280, 243 y 240 días de lactancia. (Gleaves *et al.*, 1989).

El Proyecto Nacional “Mejoramiento Genético del Ganado Bovino de Doble Propósito en el Trópico Mexicano”, donde participan diversos campos experimentales del INIFAP distribuidos dentro de las RTM y que tiene como objetivo la formación de tres razas sintéticas especializadas en doble propósito, con una constitución genética 5/8 HS, 5/8 SP y 5/8 SM por CE, reportó el comportamiento productivo de los diversos genotipos utilizados y evaluados por dicho proyecto, resultados que se presentan en el Cuadro 7. (Castañeda *et al.*, 2000). Siendo los genotipos que se encuentran entre el 50 y 75% de genes *B. taurus* los que mejor comportamiento productivo han presentado dentro de los hatos participantes en el mencionado proyecto.

De Dios (2001), realizó una revisión de resultados de experiencias de la utilización de las cruzas de razas especializadas con ganado Cebú o criollo en diversas áreas tropicales de México mostrando superioridad de HS sobre SP para producción por lactancia como se muestra en el Cuadro 8.

2.3.2 CRECIMIENTO CORPORAL

El crecimiento corporal se define como el aumento en peso, talla y cambios en la composición corporal de un animal en un periodo de tiempo determinado.

Este depende del genotipo y de efectos ambientales, permanentes y temporales que han afectado el desarrollo del animal (Blasco, 2004).

La heterosis (**HTs**) ha sido ampliamente discutida como uno de los efectos genéticos de mayor importancia para las características de crecimiento corporal del ganado bovino, es por eso que a continuación revisaremos algunos trabajos donde se estudia este efecto genético.

2.3.2.1. ANTECEDENTES EN EL MUNDO

En los Estados Unidos de América, Gregory *et al.* (1965) utilizaron información de una población de ganado bovino resultado del cruzamiento de las razas Hereford (**HE**), SS y Angus (**AN**) y estimaron mediante mínimos cuadrados la HTs para el peso al nacimiento, promedio de la ganancia diaria de peso predestete, ganancia a los 200 días y la conformación al destete, resultando significativas todas ellas ($P < 0.01$). Alenda *et al.* (1980) con información de una población de las razas AN, Charoláis (**CH**) y HE, donde había animales puros, cruza recíprocas de 2 razas, retrocruzas y cruza de 3 razas, estimaron los efectos aditivos de raza, HTs individual y materna y el efecto materno total. La HTs individual entre CH y AN para peso al nacimiento no fue significativa y para CH y HE fue muy pequeña, no siendo así para HE y AN fue de 1.2 Kg. (3.9%). La HTs para peso a los 205 días para los cruzamientos AN – HE, AN – CH y CH y HE fue de 9.6 Kg. (5.5%), 6.5 Kg. (3.5%) y 3.8 Kg. (2.0%), respectivamente. Los efectos maternos para CH fueron negativos, positivos para HE y para AN fueron diferentes e intermedios entre CH y HE. Dillard *et al.* (1980) analizaron peso al nacimiento, ganancia diaria promedio predestete, peso al destete y tipo utilizando información de 2910 becerros producto de la cruce de AN, HE, y CH, de donde se originaron 22 grupos raciales, de los cuales 2 fueron puros y 20 cruzados, encontrando efectos sobre promedio de ganancia diaria de peso y peso al destete para las cruza de AN – HE y HE – CH y para tipo solo para la cruza de HE – CH. Para la HTs materna hubo efecto sobre todas las características sobre todas las razas,

con excepción de tipo en la raza AN. Concluyendo que los factores aditivos de raza y los no aditivos tienen efecto sobre las características dentro de este estudio. Mas tarde, Koch *et al.* (1985) utilizaron 1,909 registros de animales puros, F1, retrocruzas y F2 y F3, combinaciones de AN y HE para estimar el efecto genético individual, materno y abuelo materno y HTs directa y materna, dominancia y el efecto genético de la epistásis. El efecto genético directo de AN, comparado con HE, produjo becerros más ligeros y menores ganancias pre- y post destete y menores porcentajes de preñez. AN también produjo canales más ligeras y con más grasa de cobertura y marmoleo. Los efectos genéticos maternos de AN redujeron los pesos al nacimiento, aumentaron la facilidad al parto y las ganancias predestete, pero el crecimiento post destete fue menor e incrementó la deposición grasa en contraste con HE.

En otro trabajo, Rodríguez-Almeida, *et al.* (1995) utilizaron información de 3 líneas sintéticas multirraciales de ganado bovino, estimaron las varianzas debidas a efectos genéticos no aditivos para características de crecimiento corporal utilizando las varianzas genéticas de dominancia y aditiva x aditiva. Mediante un modelo animal con efectos genéticos directos, maternos y ambientales permanentes obtuvieron las heredabilidades de efectos genéticos directos y maternos para peso al nacimiento 0.49 – 0.54 y 0.11 y para peso ajustado a los 205 días de 0.27 - 0.29 y 0.12 – 0.13, respectivamente. Los efectos de dominancia para peso al nacimiento y peso ajustado a los 205 días, se estimaron en 18% y 28 – 29% y los efectos aditivos por aditivos 7.6% y 0.1% de la varianza fenotípica, respectivamente.

En Holanda Hirooka, *et al.* (1998) utilizaron los registros de canales de 4749 macho sacrificados a la edad promedio de 20 meses que incluía la información de grado de magrez, cobertura grasa y peso de la canal. La composición racial de los animales variaba entre distintas proporciones de genes de las razas Negra y Blanca Holandesa (**NBH**), Roja y Blanca Holandesa (**RBH**) y Piedmontese (**PI**). Después de revisar los distintos modelos para la estimación de parámetros de

cruzamiento, los autores utilizaron y compararon un modelo de efectos fijos donde se agruparon los efectos genéticos aditivos de acuerdo con las fracciones de genes de las distintas razas, con el modelo de Dickerson (1969 y 1973) y el modelo de Kinghorn (1982), utilizando el procedimiento GLM de SAS. Para el primer modelo de efectos fijos, los efectos genéticos de raza fueron significativos para todas las características, siendo las diferencias entre NBH y PI más grandes que para RBH y NBH. Con el modelo de Dickerson no se encontraron diferencias significativas entre NBH y RBH. La HTs estimada para cobertura grasa fue positiva y favorable, pero solo la combinación de NBH y RBH tuvo efecto para peso de la canal. Efectos significativos fueron reportados para pérdidas por recombinación en peso de la canal en todas las combinaciones pero para cobertura grasa solo entre la cruce NBH y RBH. Para el modelo de Kinghorn la tendencia de los efectos genéticos aditivos fue similar a la del modelo de Dickerson y no hubieron efectos de dominancia pero si de epistásis para cobertura grasa y peso a la canal. Dentro del trabajo se agregó un cuarto modelo que incluyó el efecto aditivo del grupo del semental que se utiliza en muchos países para la evaluación de sementales en ganado productor de leche, no encontrándose muchas diferencias en las estimaciones de los parámetros entre los modelos de Dickerson y Kinghorn, pero si entre el modelo aditivo semental y los anteriores, mostrando que los efectos genéticos no aditivos si son importantes para la estimación de los parámetros en poblaciones cruzadas y sugiriendo que la elección del modelo es importante para el análisis de poblaciones cruzadas.

En Sudáfrica Groeneveld *et al.* (1998) utilizaron información de la raza Afrikánder para estimar la estructura completa de covarianzas para características de crecimiento corporal, utilizando información de pesos al nacimiento, destete, año y final. Los autores estimaron 57 componentes de varianza y covarianza de manera simultánea mediante un modelo de cuatro características; donde las heredabilidades directas para las cuatro características fueron 0.52, 0.23, 0.17 y 0.17, mientras que el componente materno fue de 0.07, 0.13, 0.06 y 0.03. Las correlaciones genéticas fueron altas entre características adyacentes y en

particular entre peso al destete y peso al año, 0.93 para componentes directos y 0.96 para componentes maternos. Por otro lado, utilizando registros de peso al nacimiento, al destete, al año y ganancia diaria promedio predestete de una población de animales cruzados y puros en Etiopia e implementando y evaluando seis distintos modelos animal donde los efectos genéticos directos, maternos y ambientales permanentes fueron incluidos se encontraron valores para heredabilidad directa, materna y total de peso al nacimiento de 0.14 ± 0.02 , 0.07 ± 0.02 y 0.25 ± 0.23 , respectivamente, con una correlación entre los efectos genéticos directos y maternos de 0.47 ± 0.25 ; para peso al destete los estimadores de heredabilidad directa, materna y total fueron de 0.08 ± 0.03 , 0.04 ± 0.02 y 0.09 ± 0.02 , respectivamente, mientras que para ganancia diaria promedio predestete la heredabilidad directa, la materna y la total fueron de 0.04 ± 0.02 , 0.04 ± 0.02 y 0.08 ± 0.02 , respectivamente, y finalmente para peso al año las heredabilidades directa y total fueron de 0.13 ± 0.03 , para ambos casos. Las correlaciones genéticas se estimaron mediante análisis bivariados encontrando correlaciones genéticas para peso al nacimiento con peso al destete de 0.66 ± 0.08 , peso al nacimiento con ganancia diaria promedio predestete de 0.55 ± 0.19 , peso al nacimiento con peso al año de 0.50 ± 0.12 , peso al destete con ganancia promedio diaria predestete de 0.96 ± 0.01 , peso al destete con peso al año de 0.89 ± 0.09 y ganancia promedio diaria predestete y peso al año de 0.82 ± 0.11 . (Demeke *et al.*, 2003).

2.3.2.2. EN MÉXICO

Con la información del CELP, varios investigadores han generado un gran número de reportes sobre el crecimiento corporal de animales de razas especializadas y sus cruzas. Román *et al.* (1978), reportaron pesos al nacimiento y al destete de las hembras y machos de las razas HS y SP y las F1 y F2 de sus cruzas con CE donde los becerros se separaron al cuarto día de la madre y el destete se realizó a los 60 días. Las hembras y machos HS, F1 y F2 mostraron

pesos al nacimiento en kilogramos de 33.2, 31.3 y 32.6 para hembras y 38.2, 31.6, y 34.8 para machos, y al destete de 62.7, 58.7, y 61.0 para hembras y 66.9, 59.8 y 60.4 para machos, respectivamente; y para SP, F1 y F2 mostraron pesos al nacimiento en kilogramos de 35.7, 32.8 y 32.4 para hembras y 38.3, 38.4 y 36.0 para machos, y al destete de 63.7, 61.5 y 66.5 para hembras y 67.3, 70.8 y 59.3 para machos, respectivamente. Posteriormente, Barradas *et al.* (1979) reportaron los promedios de los pesos al nacimiento, destete (60), 90 y 120 días de becerros para HS de 32.60 ± 1.60 , 64.00 ± 1.90 , 76.10 ± 2.50 y 89.50 ± 3.30 Kg., para SP de 40.20 ± 0.86 , 73.70 ± 1.30 , 81.00 ± 1.15 y 91.90 ± 1.80 Kg., para HS x CE de 33.80 ± 1.20 , 67.50 ± 2.00 , 76.80 ± 2.20 y 90.90 ± 1.80 Kg. y para SP x CE de 38.50 ± 1.60 , 69.40 ± 3.20 , 80.00 ± 3.00 y 99.40 ± 4.40 Kg., respectivamente. Padilla y Román (1982), en un experimento donde se evaluaron dos niveles de alimentación reportaron pesos al nacimiento, 6, 12 y 18 meses de vaquillas para HS de 35 y 38 Kg., 116 y 114 Kg., 225 y 231 Kg. y 335 350 Kg. y para SP de 35 y 34, 112 y 112, 215 y 246 y 313 y 380, para ambos niveles de alimentación, respectivamente. En todos los reportes anteriores la raza SP y su cruce con cebú es más pesada que la HS y su cruce con cebú. Uno de los reportes más completos es el de Manríquez *et al.* (1983) quienes analizaron peso al nacimiento, peso y edad a la primera inseminación y a la primera concepción de vaquillas de las razas HS y SP desde 1963 hasta 1981. Los resultados mostraron peso al nacimiento para HS de 35.00 ± 2.0 Kg. y para suizo de 35.1 ± 1.7 Kg. El peso y edad la primera inseminación para HS fueron de 381.00 ± 14.00 a los 683.0 ± 22.90 días y para SP de 382.00 ± 12.80 a los 699.0 ± 21.70 días y para el peso y la edad a la primera concepción para HS fueron de 391.6 ± 14.7 Kg. y 724.0 ± 25.0 días y para SP de 392.00 ± 13.3 Kg. y 763.0 ± 23.7 días.

En el municipio de Playa Vicente en el estado de Veracruz en el CEPV, se reportaron los pesos al nacimiento, destete, 12 y 18 meses de hembras y peso al nacimiento y destete de machos de los grupos raciales 1/2 SM y SP X CE. Para el caso de las hembras 1/2 SM los promedios fueron 22.2, 221.0. 330.3 y 386.6 Kg. y para las hembras 1/2 SP 33.3, 217.6, 278.0 y 361.4 Kg. respectivamente. Los

machos 1/2 SM 336 y 233.0 Kg. y para los 1/2 SP 34.4 y 226.5. Kg., respectivamente. (Palomo *et. al.*, 1986). Posteriormente, Hernández (1988) dando seguimiento a la información generada reporta los promedios de pesos al nacimiento, a los 90 días y al destete de los grupos raciales 3/4 SP y SM X CE. Siendo para el grupo racial 3/4 SP 34, 92 y 142 y 37, 101 y 152 Kg., hembras y machos respectivamente, y para el grupo racial 3/4 SM 36, 98 y 163 y 38, 103 y 175 Kg., hembras y machos respectivamente. Cuevas (1988) utiliza la información generada de pesos a los 7, 12 y 18 meses en el CEPV dentro del periodo 1981 – 1988 de vaquillas de los grupos raciales 1/2 SM y SP, 3/4 SM y SP y de machos 3/4 SM y SP. Las vaquillas 1/2 SM y SP presentaron 212, 284 y 382 y 209, 267 y 350 Kg., respectivamente; y las vaquillas 3/4 SM y SP 163, 229 y 313 y 142, 216 y 300 Kg., respectivamente. Para el caso de los machos solo se presento información de pesos a los 7 y 12 meses para los grupos raciales 3/4 SM y SP siendo los promedios 177 y 235 y 150 y 219, respectivamente.

En Oaxaca se reportaron pesos al nacimiento y a los 270 días de animales cruza de HS X CE, CE, SP y $\frac{3}{4}$ SP X CE de 33 y 218.0 Kg.; 29.1, y 183.6 Kg.; de 37.1 y 162.6 Kg. y de 42 y 159.1 Kg., respectivamente. (Guzmán, 1985)

En el Día del Ganadero en el CEB (1986) se reportaron los promedios de los pesos al nacimiento, destete y los 12 meses de nueve grupos raciales de HS, SP y SM X CE entre 1980 y 1986. Las hembras 1/2 HS tuvieron pesos de 34, 155 y 220 Kg. y los machos 37, 180, 233 Kg. Las hembras 1/2 SP tuvieron pesos de 35, 166 y 217 Kg. y los machos 38, 175, 226 Kg. Las hembras 1/2 SM tuvieron pesos de 34, 151 y 209 Kg. y los machos 36, 176, 242 Kg. Las hembras 3/4 HS tuvieron pesos de 39, 138 y 193 Kg. y los machos 38, 148, 222 Kg. Las hembras 3/4 SP tuvieron pesos de 38, 134 y 191 Kg. y los machos 39, 132, 188 Kg. Las hembras 3/4 SM tuvieron pesos de 39, 143 y 188 Kg. y los machos 40, 152, 218 Kg. Las hembras 1/4 HS tuvieron pesos de 37, 147 y 191 Kg. y los machos 40, 162, 247 Kg. Las hembras 1/4 SP tuvieron pesos de 40, 165 y 210 Kg. y los

machos 45, 176, 227 Kg. Las hembras 1/4 SM tuvieron pesos de 40, 167 y 211 Kg. y los machos 38, 150, 241 Kg.

En la sierra oriente de Puebla, en el CELM se reportó el comportamiento de hembras y machos de la raza SP utilizando la información generada dentro del periodo de 1979 a 1987. Los pesos al nacimiento, a los 3, 6, 12 y 18 meses para las hembras fueron 38.4, 95.0, 128.8, 238.2 y 351.5 Kg., respectivamente. Para los machos la información que reportó fue peso al nacimiento, 3, 7 y 12 meses siendo los promedios 40.3, 101.5, 138.4 y 235.9, respectivamente (Calderón *et al.*, 1987). En 1989 se reportó el comportamiento de hembras y machos de los grupos raciales SP, y 3/4 SP, HS y SM X Cebú en el CELM donde para el caso de las hembras los pesos al destete, 12 y 18 meses fueron para cada uno de los grupos raciales 128, 185 y 282 Kg., 184, 236 y 344 Kg., 178, 239 y 354 Kg., 171, 233 y 337 Kg., respectivamente. Para los machos los autores reportaron pesos al destete y 12 meses de los mismos grupos raciales de 132 y 191, 181 y 249, 178 y 262, 182 y 263, respectivamente (Vega *et al.*, 1989)

2.4 EFECTOS GENÉTICOS DE CRUZAMIENTO

Las bases teóricas de los sistemas de cruzamiento han sido discutidas por varios autores (Dickerson, 1969 y 1973; William, 1970; Kinghorn, 1981 y 1982; Sheridan, 1981; Hill, 1982; Fimland, 1983; William y Pollack, 1985; Komender y Hoeschele, 1989). Dickerson (1969) mencionó la existencia de razas debido a la selección natural en diferentes condiciones ambientales o selección artificial basada en ciertos objetivos de selección, habiendo acumulado de manera aleatoria cambios en las frecuencias génicas. Las diferencias entre razas son una fuente importante de recursos para los programas de mejoramiento genético en la eficiencia de producción de alimentos de origen animal mediante el mejoramiento de razas superiores, aprovechamiento de la HTs dentro de los sistemas de cruzamiento y el desarrollo de nuevas razas. La diversidad genética es un recurso

para poder hacer frente a posibles futuras adecuaciones de las necesidades de los consumidores y posibles cambios en las condiciones económicas de la ganadería.

Los efectos genéticos que intervienen dentro de los sistemas de cruzamiento pudieran ser clasificados en efectos genéticos aditivos y no aditivos, estando los últimos definidos como la desviación media en el comportamiento de la progenie a partir del comportamiento promedio de las razas puras.

2.4.1. Efectos genéticos aditivos.

Los efectos genéticos aditivos se dividen a su vez en dos grupos; directos y maternos.

Los efectos genéticos aditivos directos se definen como el efecto promedio de la sustitución de un gen y se expresan como la desviación debida a los efectos directos de los genes propios del con respecto al promedio de una raza. Los efectos genéticos aditivos maternos se definen como la desviación debida a efectos directos promedio de los genes de la madre sobre el comportamiento del individuo a través del ambiente materno para determinada raza.

2.4.2. Efectos genéticos no aditivos.

Los efectos genéticos no aditivos se pueden dividir en: HTs, haciendo referencia a la interacción dentro de un locus como resultado de efectos de dominancia y en pérdida por recombinación, siendo está expresada como la desviación debido al cambio en efectos de interacción génica no alélica en individuos F_2 , relativo a los F_1 a partir de recombinaciones gaméticas entre cromosomas de las razas A y B.

La HTs se puede clasificar como:

1. HTs Individual

Desviación debido al incremento promedio de heterocigosis de las cruzas F_1 de las razas A y B, incluyendo interacciones no alélicas.

2. HTs Materna

Desviación debido al incremento promedio de la heterocigosis de madres F_1 cruzadas de las razas A y B, incluyendo interacciones no alélicas.

3. HTs Paterna

Desviación debido al incremento promedio de la heterocigosis de los padres F_1 cruzados de las razas A y B, incluyendo interacciones no alélicas.

2.4.3. Efectos ambientales

Si bien los efectos genéticos aditivos y no aditivos conforman la variación genética, la variación causada por el medio ambiente es importante dentro de la estimación de la variación genética.

Cuando hablamos del modelo genético más simple damos por hecho que la variación fenotípica es el resultado de la variación genética y la variación ambiental, a la cual comúnmente llamamos error.

Los efectos ambientales se pueden clasificar en:

1. Efectos ambientales Permanentes

Los efectos ambientales permanentes se pueden separar cuando tenemos más de una medición en el mismo animal y los factores permanecieron constantes entre los registros. Por ejemplo el sistema de crianza de una vaca, etc.

2. Efectos Ambientales Temporales

Los efectos ambientales temporales son eventos que afectan por un periodo corto de tiempo al animal y generalmente no se pueden separar debido a falta de registros adecuados.

2.5 CARACTERÍSTICAS CORRELACIONADAS

Características correlacionadas se les denomina a aquellas que presentan algún grado y tipo de asociación entre ellas. La pleiotropía ha sido mencionada como una de las posibles causas de la asociación entre dos características, debido a que al influir un gen sobre más de una característica es generado cierto grado de asociación cuya dirección (positiva o negativa) dependerá de la acción que este gen tenga sobre ambas características (Van Vleck *et al.*, 1987; Falconer y Mackay, 2001).

Suponiendo que no hay relación entre el genotipo y el medio ambiente, el modelo genético para dos características estará dispuesto de la siguiente manera:

$$X_1 = P_1 - \mu_1 = G_1 + E_1 \quad (2.5.1.)$$

$$X_2 = P_2 - \mu_2 = G_2 + E_2 \quad (2.5.2.)$$

Pudiéndose dividir el genotipo en:

$$G_1 = A_1 + D_1 + I_1 \quad (2.5.3.)$$

$$G_2 = A_2 + D_2 + I_2 \quad (2.5.4.)$$

Si suponemos que $D_{1 y 2}$ e $I_{1 y 2} = 0$ entonces el genotipo es igual a la parte aditiva de la característica.

$$G_1 = A_{11} \quad (2.5.5.)$$

$$G_2 = A_2 \quad (2.5.6.)$$

Y si tenemos más de una medición por individuo, podemos dividir al error en:

$$E_1 = EP_1 + ET_1 \quad (2.5.7.)$$

$$E_2 = EP_2 + ET_2 \quad (2.5.8.)$$

Siendo P= Fenotipo o característica, μ = Media poblacional, G= Genotipo, E= Error, A= Parte aditiva del genotipo, D= Parte dominante del genotipo, I= Efectos epistáticos, EP= Ambiente permanente, y ET= Ambiente Temporal.

Las varianzas de los modelos anteriores se pueden representar de la siguiente manera:

$$\sigma_{P1}^2 = \sigma_{G1}^2 + \sigma_{E1}^2 \quad (2.5.9.)$$

$$\sigma_{P2}^2 = \sigma_{G2}^2 + \sigma_{E2}^2 \quad (2.5.10.)$$

Bajo el supuesto de que $\sigma_{GE} = 0$

Pudiendo dividir la varianza genética en:

$$\sigma_{G1}^2 = \sigma_{A1}^2 + \sigma_{D1}^2 + \sigma_{I1}^2 \quad (2.5.11.)$$

$$\sigma_{G2}^2 = \sigma_{A2}^2 + \sigma_{D2}^2 + \sigma_{I2}^2 \quad (2.5.12.)$$

Si suponemos que σ_{D1Y2}^2 y $\sigma_{I1Y2}^2 = 0$; entonces la varianza genética es igual a la varianza aditiva de la característica.

$$\sigma_{G1}^2 = \sigma_{A1}^2 \quad (2.5.12.)$$

$$\sigma_{G2}^2 = \sigma_{A2}^2 \quad (2.5.13.)$$

Y la covarianza entre ambas características se puede escribir de la siguiente manera:

$$\sigma_{P1P2} = \sigma_{G1G2} + \sigma_{E1E2} \quad (2.5.14.)$$

Y si $\sigma_{G1}^2 = \sigma_{A1}^2$ y $\sigma_{G2}^2 = \sigma_{A2}^2$; entonces:

$$\sigma_{P1P2} = \sigma_{A1A2} + \sigma_{E1E2} \quad (2.5.15.)$$

Bajo el supuesto de que $\sigma_{GE} = 0$

La covarianza fenotípica entre dos características es la suma de las covarianzas genética y ambiental. La varianza genética puede ser dividida en varianza genética aditiva, dominante y epistática. Generalmente suponemos que cuando estamos hablando de varianza genética solo la varianza y covarianza genética aditiva es la que determina de manera importante la varianza genética total. La definición de una correlación es la covarianza entre dos características dividida entre la raíz cuadrada del producto de las varianzas de las características. Por lo que la estimación de las correlaciones fenotípica, genética y ambiental es:

$$\text{Correlación fenotípica} \quad r_{P_1, P_2} = \frac{\sigma_{P_1 P_2}}{\sqrt{\sigma_{P_1}^2 \sigma_{P_2}^2}} \quad (2.5.16.)$$

$$\text{Correlación Genética} \quad r_{G_1, G_2} = \frac{\sigma_{G_1 G_2}}{\sqrt{\sigma_{G_1}^2 \sigma_{G_2}^2}} \quad (2.5.17.)$$

$$\text{Correlación Genética Aditiva} \quad r_{A_1, A_2} = \frac{\sigma_{A_1 A_2}}{\sqrt{\sigma_{A_1}^2 \sigma_{A_2}^2}} \quad (2.5.18.)$$

$$\text{Correlación Ambiental} \quad r_{E_1, E_2} = \frac{\sigma_{E_1 E_2}}{\sqrt{\sigma_{E_1}^2 \sigma_{E_2}^2}} \quad (2.5.19.)$$

Un supuesto se tiene que realizar para poder realizar dicha representación de las correlaciones, y es que no existe correlación entre los efectos genéticos y ambientales.

2.6 CORRELACIÓN ENTRE PRODUCCIÓN DE LECHE Y CRECIMIENTO CORPORAL

Bandinga *et al.* (1985) reportaron correlaciones fenotípicas y genéticas de <0.01 y -0.09 ± 0.22 , respectivamente, entre producción de leche y peso corporal al parto. Los autores concluyeron que al ser las correlaciones estimadas bajas, la producción de leche puede ser mejorada sin incrementos significativos en el peso vivo del ganado lechero.

Lee *et al.* (1992) estimaron correlaciones genéticas entre producciones de leche y pesos vivos a las distintas semanas en ganado HS en el rango de -0.01 a -0.35 . Las correlaciones fenotípicas estuvieron entre 0.11 a 0.20 .

Liinamo *et al.* (2001) estimaron correlaciones genéticas entre características de canal y producción de leche en el rango de 0.08 a 0.29 en ganado AY finlandés. En el Cuadro 9 se muestran las correlaciones genéticas.

Lee y Pollack (2002) encontraron correlaciones genéticas entre peso al nacimiento y producción de leche entre -0.16 y -0.08 ; entre peso al destete y producción de leche valores entre -0.21 a -0.04 y entre peso al año y producción de leche valores entre -0.19 a -0.12 . Los resultados completos de las correlaciones genéticas se presentan en el Cuadro 10.

2.7 ESTIMACIÓN DE EFECTOS GENÉTICOS DE CRUZAMIENTO

La heterosis se define como la desviación del promedio de los animales cruzados sobre el promedio de las razas parentales, calculándose de la siguiente manera, utilizando como ejemplo a la raza A y B (Dickerson, 1969 y 1973).

$$h = \frac{\overline{AB + BA}}{A + B} \quad (2.7.1.)$$

La mayoría de las ocasiones no se pueden estimar los efectos genéticos no aditivos o de cruzamiento de manera directa debido a que no contamos con la información necesaria, por lo cual tenemos que recurrir a modelos matemáticos para representarlos. Varios autores (Alenda y Martin, 1981; Van der Werf y De Boer, 1989; Akbas *et al.*, 1993; Brotherstone, y Hill, 1994; Hirooka *et al.*, 1998; Arthur *et al.*, 1999; Miller y Wilton, 1999; Kahi *et al.*, 2000; Demeke *et al.*, 2003 a, b y c; Wall 2005; Roso *et al.*, 2005 a y b) han utilizado los coeficientes de heterocigosidad (**HT**) y pérdidas por recombinación (**RC**) para separar los efectos genéticos no aditivos debidos a heterosis, tanto para producción de leche como para características de crecimiento. HT se define como la probabilidad de que los genes homólogos de un individuo no provengan de la misma raza y RC como la fracción promedio de pares independientemente segregados de un loci que son combinaciones no parentales.

Las formulas para calcular HT y RC en el caso de cruza que involucren una raza *B. taurus* por *B. indicus* son:

$$HT = (P_S * (1 - P_M)) + (P_M * (1 - P_S)) \quad (2.7.2.)$$

$$RC = -((P_S * (1 - P_S)) + (P_M * (1 - P_M))) \quad (2.7.3.)$$

Donde:

P_s = Porcentaje de genes *B. taurus* del padre

P_m = Porcentaje de genes *B. taurus* de la madre

Al ser estas funciones de la composición racial de los progenitores estamos estimando un límite máximo para cada uno de ellos, obviamente suponiendo que los genes de cada una de la raza tienen orígenes diferentes y que no comparten genes entre ellas.

2.8 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS

Para poder realizar mejoramiento genético en las distintas poblaciones animales se requiere identificar a los animales superiores, lo que a su vez implica conocer los componentes de varianza y covarianzas para las distintas características productivas de interés, además de los distintos parámetros genéticos y fenotípicos (Van Vleck *et al.*, 1987; Falconer y Mackay, 2001).

Los efectos genéticos aditivos directos intervienen en la producción de leche y mientras que la característica de crecimiento corporal está influenciada por estos efectos más los efectos genéticos aditivos maternos (Van Vleck *et al.*, 1987; Falconer y Mackay, 2001).

Existen efectos ambientales que pueden afectar la producción de leche como son, hato, año de parto, estación de parto, número de la lactancia y edad al parto entre otros. Sobre las características de crecimiento corporal se han reportado efectos del hato, año de nacimiento, época de nacimiento, número de parto de la vaca, edad al parto de la vaca y sexo de la cría, entre otros. También se han reportado efectos ambientales permanentes sobre ambas características, en el caso de la producción de leche se llama efecto del ambiente permanente y para las características del crecimiento corporal se llama efecto del ambiente permanente materno, debido a que el primero se estima con respecto a mediciones repetidas del mismo animal y el segundo es el efecto de mediciones repetidas de las madres de los animales con registros (Van Vleck *et al.*, 1987; Falconer y Mackay, 2001).

La varianza fenotípica es el resultado de la suma de las varianzas genética aditiva directa y materna, covarianzas entre efectos genéticos aditivos directos y maternos, efectos ambientales permanentes y temporales, suponiendo que no hay relación entre efectos genéticos y ambientales, por lo cual se puede representar de la siguiente manera:

Partiendo de un modelo sencillo donde el fenotipo es igual al genotipo y al medio ambiente.

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2 \quad (2.8.1.)$$

Dividiendo la varianza genética en aditiva, dominante y epistática, quedaría escrito:

$$\sigma_F^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + \sigma_E^2 \quad (2.8.2.)$$

Si tenemos más de una medición por animal entonces podemos dividir el error en permanente y temporal, quedando de la siguiente manera:

$$\sigma_F^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + \sigma_P^2 + \sigma_T^2 \quad (2.8.3.)$$

Si la varianza dominante y epistática y todas las covarianzas entre efectos genéticos y ambientes son iguales a cero, entonces quedaría:

$$\sigma_F^2 = \sigma_A^2 + \sigma_P^2 + \sigma_T^2 \quad (2.8.4.)$$

Los efectos genéticos aditivos se pueden dividir en efectos genéticos directos y genéticos maternos, por lo cual el modelo quedaría:

$$\sigma_F^2 = \sigma_A^2 + \sigma_M^2 + \sigma_{AM} + \sigma_P^2 + \sigma_T^2 \quad (2.8.5.)$$

Donde:

σ_F^2 = Varianza fenotípica de la característica

σ_A^2 = Varianza de los efectos genéticos aditivos directos

σ_M^2 = Varianza de los efectos genéticos aditivos maternos

σ_{AM} = Covarianza entre efectos genéticos aditivos directos y maternos

σ_P^2 = Varianza de los efectos ambientales permanentes

σ_T^2 = Varianza de los efectos ambientales temporales

Los parámetros genéticos se calculan a partir de las varianzas, donde la heredabilidad uno de los parámetros de mayor interés debido a que es usada para la estimación de los valores genéticos para características cuantitativas y para predecir la respuesta esperada para varios esquemas de selección, pudiendo ser dividida en heredabilidad de los efectos directos (h^2_D) definiéndose como el cociente de la varianza genética aditiva directa entre la varianza fenotípica (2.8.6.) y sobre los efectos genéticos maternos (h^2_M) se define como el cociente entre la varianza genética aditiva materna y la varianza fenotípica (2.8.7), teniendo como principal diferencia entre si que el primero se refiere al potencial del animal donde se realiza la medición y el segundo al potencial que tiene la madre para ser buena madre y brindarle un medio ambiente adecuado para su desarrollo. La repetibilidad (**re**) se define como el cociente de la suma de la varianza genética aditiva directa y ambiente permanente sobre la varianza fenotípica (2.8.8), expresando el grado de asociación entre mediciones en el mismo animal para características que pueden ser medidas más de una vez. La correlación entre efectos genéticos directos y maternos (r_{am}) se calcula mediante el cociente de la covarianza entre los efectos genéticos aditivos directos y maternos y la multiplicación de la raíz cuadrada de las varianzas de los efectos genéticos aditivos directos y maternos (2.8.9.), mostrando el grado de asociación entre dos características (Van Vleck *et al.*, 1987; Falconer y Mackay, 2001).

$$h^2_D = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_f^2} \quad (2.8.6.)$$

$$h^2_M = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_f^2} \quad (2.8.7.)$$

$$re = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_p^2}{\sigma_f^2} \quad (2.8.8.)$$

$$r_{am} = \frac{\sigma_{am}}{\sqrt{\sigma_a^2 * \sigma_m^2}} \quad (2.8.9.)$$

2.9 METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS

La metodología para la estimación de parámetros genéticos se ha basado primordialmente en el análisis de varianza (ANDEVA), donde destacan los métodos de Henderson. El Método I de Henderson aplica un procedimiento de análisis de varianza para datos balanceados sobre datos desbalanceados, siendo solamente aplicable para modelos completamente aleatorizados. El Método II de Henderson puede ser usado con modelos mixtos proporcionando o anidando los efectos aleatorios dentro de los efectos fijos. El procedimiento requiere de ecuaciones de cuadrados mínimos para todos los factores en el modelo, donde las soluciones se obtienen tomando la inversa generalizada de la matriz de coeficientes de las ecuaciones de cuadrados mínimos. El Método III de Henderson, también llamado “método de constantes fijas” debido a que usa reducciones en las sumas de cuadrados, presenta mejor precisión en la estimación de componentes de varianza que los métodos I y II. El Método IV de Henderson ó “Nuevo método de Henderson” absorbe todos los efectos fijos en las ecuaciones de cuadrados mínimos y la absorción esencialmente ajusta el lado derecho de las ecuaciones de los efectos aleatorios por los efectos fijos. Las metodologías anteriores son insesgadas e invariantes (Henderson, 1984; Schaeffer, 1993).

Otro método de estimación de componentes de varianza para datos desbalanceados es el denominado Máxima Verosimilitud (MV). Los procedimientos de MV se basan en la selección de una función de verosimilitud basada en una distribución que describa adecuadamente el problema y en contraste con los métodos de ANDEVA requiere la distribución específica de la

variable. Para modelos mixtos lineales es común suponer una distribución normal multivariada. MV es un método sesgado debido a que restringe sus estimadores al espacio parametral y no toma en cuenta la pérdida de grados de libertad como resultado de la estimación de los efectos fijos (Hofer, 1998).

Patterson y Thompson (1971) modificaron MV tomando en cuenta la pérdida de grados de libertad proveniente de la estimación de los efectos fijos, dando como resultado al método de máxima verosimilitud restringida (REML, por sus siglas en inglés), siendo un método invariante y sesgado porque REML restringe al estimador a un espacio paramétrico permitido. Hay dos métodos para derivar las ecuaciones de estimación de REML. El primer método es tomar las formas cuadráticas de MIVQUE y derivar nuevas esperanzas suponiendo que los valores iniciales son iguales a los valores de los parámetros, MIVQUE (Estimación cuadrática de mínima varianza insesgada, por sus siglas en inglés) supone normalidad en la distribución de las variables y las formas cuadráticas que son escogidas minimizan la varianza del error, siendo necesaria igualarlas a los valores esperados. El segundo método consiste en escribir la función de verosimilitud restringida y diferenciarla para maximizarla con respecto a los parámetros desconocidos. Varios algoritmos han implementado la iteración de las formas cuadráticas de MIVQUE y sus esperanzas en la estimación de componentes de varianza y parámetros genéticos para el análisis de modelos mixtos con datos balanceados. Entre los algoritmos utilizados para obtener componentes de varianza con REML se encuentra un procedimiento libre de derivadas (DFREML), que realiza una búsqueda para componentes de varianza sin la inversión de la matriz de coeficientes del modelo mixto; por otro lado el algoritmo AI-REML, implementado por el programa ASREML, se basa en la aproximación de las derivadas parciales de segundo orden a partir de las matrices de información esperada y la observada, siendo eficiente para estimar componentes de varianza reduciendo el tiempo de computo y garantizando, a diferencia de DFREML, la maximización global de la función de verosimilitud (Schaeffer, 1993; Hofer, 1998)

3. OBJETIVO GENERAL

Estimar componentes de varianza y covarianza para las características de producción total de leche y crecimiento corporal de tres grupos raciales en hatos de doble propósito

4. JUSTIFICACION

Los indicadores productivos en el sistema de Doble Propósito demuestran un pobre comportamiento productivo, debido en parte a falta de adopción de paquetes tecnológicos y a la ausencia de esquemas de mejoramiento genético adecuados

No existen esquemas de evaluación, ni programas de selección y cruzamientos controlados para el sistema de producción de doble propósito

El establecimiento de programas de mejoramiento genético requiere conocer los parámetros genéticos de las características de interés económico dentro del sistema de producción de doble propósito.

5. HIPOTESIS DE TRABAJO

Las características de producción de leche, peso al nacimiento, peso a los 90, 205, 365 y 540 días, están relacionadas genéticamente entre sí y son factibles de ser seleccionadas de manera conjunta

La inclusión de genes de razas europeas dentro de las poblaciones tropicales, incrementa el potencial productivo de los animales

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 MATERIALES

La información que se utilizó fue generada en los hatos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en 5 Campos Experimentales: “La Posta” y “Playa Vicente” en Veracruz, “Las Margaritas” en la Sierra Oriente de Puebla, “Matías Romero” en Oaxaca y “Balancán” en Tabasco.

El Campo Experimental “La Posta” (CELP), se encuentra ubicado en el Km. 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo Veracruz. Estando situado a 12 msnm, se define el clima como trópico subhúmedo calido Aw1, con una temperatura promedio anual de 26 °C, una humedad relativa promedio anual de 78%, una precipitación anual de 1300 mm. Además cuenta con un periodo bien marcado de lluvias en Verano, presentando una temporada de vientos fuertes del norte que inicia el mes de Octubre y termina en Mayo (Lozano *et al*, 1984). En el CELP se localizan dos hatos que por tener manejos diferentes se tomaron por separado, denominando a uno como “Modulo de Doble Propósito” y al otro como “El Establo” (CELP1 y CELP2, respectivamente).

El Campo Experimental “Playa Vicente” (CEPV) se encuentra ubicado en el Km. 32 Carretera Isla – Playa Vicente, Col. Lealtad de Muñoz, Playa Vicente Veracruz. Presenta un clima definido como trópico subhúmedo cálido con una temperatura promedio anual de 26°C, precipitación promedio anual de 2200 mm, caracterizado por presentar 2 periodos bien marcados, el denominado de lluvias que comprende de los meses de Junio a Febrero y el de sequía que comprenden los meses de Marzo a Mayo, respectivamente.

El Campo Experimental “Las Margaritas” (CELM), se encuentra ubicado en el Municipio de Hueytamalco, Puebla. Presenta un clima subtropical húmedo semicalido Af(c) con una temperatura anual de 20.8°C, con mínima de 15.3 °C en verano y máxima de 24.2°C. Presenta un periodo bien marcado de lluvias que comprende de los meses de Junio a Septiembre. Además presenta una

temporada de nortes con lloviznas que inicia en el mes de Octubre y termina en Febrero (Ortiz *et al*, 1983).

El Campo Experimental “Matías Romero” (CEMR), se encuentra ubicado en el municipio de Matías Romero, Oaxaca, cerca de la comunidad de Tolosita. Presenta un clima trópico subhúmedo cálido con una temperatura promedio anual de 25.5°C. Además cuenta con un periodo bien marcado de lluvias que comprende de los meses de Junio a Octubre, con el complemento de meses con una época de menor precipitación pluvial que podría denominarse sequía.

El Campo Experimental “Balancán” (CEB), se encuentra ubicado en el Km. 10 de la carretera W-10 El Triunfo - San Pedro en el municipio de Balancán, Tabasco. Con un clima clasificado como trópico húmedo muy calido, presenta una temperatura promedio anual de 26°C, y una precipitación media anual de 1720 mm caracterizada por presentar un periodo bien marcado de lluvias que va de los meses de Mayo a Noviembre, el resto es la época de estiaje.

La información histórica de las estaciones climatológicas más cercanas pertenecientes al SMN se presenta en los Cuadros 11 y 12.

La información con la que se cuenta son los registros que se han estado llevando mediante el uso de formatos o tarjetas de registros productivos individuales por animal en los 6 hatos de los 5 campos experimentales.

El manejo general de los animales en los últimos años se ha venido realizando conforme a lo recomendado por Koppel *et al*. (2002).

Los animales en los campos son resultado de la cruce de las razas *B. taurus* (de las razas HS, SP y SM) con animales *B. indicus*. El inicio del esquema de cruzamiento fue un rotacional de 2 razas donde se utilizaron de manera alterna animales *B. taurus* en dos generaciones y *B. indicus* en una generación evitando cruzar animales de distinta raza *B. taurus* y resultando en la formación de 3 subpoblaciones de animales HS, SP y SM X CE (HSXC, SPXC y SMXC respectivamente) por lo que a pesar de encontrarse en los mismos hatos son

poblaciones genéticamente independientes. Posteriormente, bajo las directrices del proyecto nacional de mejoramiento genético de ganado bovino en el trópico mexicano se inició el uso de sementales híbridos o cruzados de los genotipos $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ *B. taurus* X *B. indicus*, tratando de mantener los grupos genéticos entre el 50 y 75% de genes *B. taurus*.

La producción de leche se registró diariamente al momento de la ordeña en las hojas de campo de los hatos, esta información se recopilaba en las tarjetas individuales de registros productivos para finalmente sumar las producciones diarias y calcular la producción total de leche por lactación (PTL).

Los pesajes corporales (PC) se realizaron mensualmente, aunque en la mayoría de los casos en los registros solo se anotaban los pesajes al nacimiento, destete, año y 18 meses. Para el caso de los pesajes corporales, se realizó el ajuste a los 90, 205, 365 y 540 días, como se muestra en el Anexo 1.

La preparación de las variables se realizó con base en la distribución original de la producción de leche y pesajes corporales ajustados, como se muestra en el Anexo 2.

Además se formaron y evaluaron las variables de épocas de parto y nacimiento mediante 3 criterios de clasificación, precipitación pluvial, temperatura y estaciones del año. Se realizaron análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS, donde se utilizaron modelos de efectos fijos incluyendo los efectos de hato, año y época de parto o nacimiento, determinando la mejor clasificación para las épocas comparando el cuadrado medio del error y el coeficiente de determinación; siendo la clasificación basada en la precipitación pluvial la utilizada en el presente estudio debido a que la mayoría de las fluctuaciones productivas dependen de la disponibilidad de alimento, siendo la humedad una limitante importante para el crecimiento del forraje. La descripción de la distribución de las épocas se muestra en el Anexo 3.

También se utilizó la información de la composición racial y genealógica de los animales para crear un grupo de variables para cada una de las subpoblaciones denominadas porcentaje de genes europeos (PG), HT y RC.

El número de parto o lactación fue agrupado en tres niveles, primero, segundo y tercer parto o más.

La variable de sexo de la cría se agrupó en hembras, machos y gemelos, donde se incluyó a los animales con sexo de la cría desconocido.

Las estadísticas descriptivas para las características de producción leche y crecimiento corporal por subpoblación y por hato se muestran en los Cuadros 13, 14 y 15.

6.2 MÉTODOS

Para poder realizar las estimaciones de varianzas y covarianzas se determinó el modelo de efectos fijos para cada una de las características productivas incluidas en este trabajo revisando los efectos utilizados en trabajos similares en la literatura y evaluándolos mediante análisis de varianza en SAS, quedándonos con los efectos que fueron diferentes ($P < 0.5$). Los efectos fijos para PTL fueron: hato, año y época de parto, número de lactancia y sexo de la cría y para crecimiento corporal fueron hato, año y época de nacimiento y sexo del animal. La inclusión de las covariables lineales de PG, HT y RC dentro de subpoblación se realizó para todas las características productivas.

6.3 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA ADITIVA Y EFECTOS GENÉTICOS NO ADITIVOS PARA PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE

Para el caso de PTL se utilizaron 5,040 registros de lactancias completas y útiles de las cruzas de Cebú con HS, SP y SM, (2253, 1921 y 866), respectivamente, provenientes de cada uno de los hatos de los campos experimentales antes mencionados.

La predicción de los componentes de varianzas y las soluciones de los efectos fijos y sus errores estándar fueron obtenidos utilizando un modelo de repetibilidad mediante el algoritmo AI-REML implementado en el programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002), cuya forma es la siguiente:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_3PE + E \quad (6.3.1.)$$

Donde:

Y es el vector de las observaciones.

X, Z₁, Z₃ son las matrices de incidencia de soluciones para los efectos fijos y coeficientes de regresión; para efectos genéticos directos del animal y efectos genéticos maternos; y para ambiente permanente

β, U, PE son los vectores de soluciones para los efectos fijos y covariables, efectos genéticos directos del animal, efectos genéticos maternos y ambiente permanente.

E es el vector de residuales.

6.4 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA ADITIVA Y EFECTOS GENÉTICOS NO ADITIVOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

Para el caso de las características de crecimiento corporal se utilizaron registros de pesajes corporales útiles al nacimiento ($n = 4429$) y ajustados a los 90 ($n = 1700$), 205 ($n = 3878$), 365 ($n = 3017$) y 540 ($n = 2276$) días (PN, P90, P205, P365 y P540, respectivamente) de CE y cruzas de Cebú con HS, SP y SM.

La predicción de las varianzas y las soluciones de los efectos fijos y sus errores estándar fueron obtenidos utilizando un modelo animal incluyendo el efecto del ambiente permanente mediante el algoritmo AI-REML implementado en el programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002).

Los modelos para la estimación de los componentes de varianza fueron construidos basados en los reportes de Meyer *et al.* (1994), Rodríguez-Almeida *et al.* (1997), Groeneveld *et al.* (1998), Tosh *et al.* (1999), Kahi *et al.* (2000), Bittencourt *et al.* (2002), Demeke *et al.* (2003) y Roso *et al.* (2005) quedando de la siguiente manera:

Para peso al nacimiento se utilizó el modelo, según:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + Z_3PE + E ; \text{ donde } \sigma_{um} = A\sigma_{um} \quad (6.4.1.)$$

Para peso a los 90 días se utilizó el modelo:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + E ; \text{ donde } \sigma_{um} = 0 \quad (6.4.2.)$$

Para peso a los 205 y 365 días se utilizó el modelo:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + Z_3PE + E ; \text{ donde } \sigma_{um} = 0 \quad (6.4.3.)$$

Para peso a los 540 días se utilizó el modelo:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_3PE + E \quad (6.4.4)$$

Donde:

Y es el vector de las observaciones.

X, Z₁, Z₂, Z₃ son las matrices de incidencia para los efectos fijos y covariables; efectos genéticos directos del animal; efectos genéticos maternos y ambiente permanente, respectivamente.

β, U, M, PE son los vectores de soluciones para los efectos fijos y coeficientes de regresión, efectos genéticos directos del animal, efectos genéticos maternos y ambiente permanente.

E es el vector de residuales.

A es la matriz de relaciones aditivas.

σ_{um} la covarianza entre los efectos genéticos directos y maternos.

La heredabilidad total se calculó de la siguiente manera
$$h_t^2 = \frac{(\sigma_a^2 + 0.5\sigma_m^2 + 1.5\sigma_{um})}{\sigma_p^2} \quad (6.4.5.) \quad (\text{Demeke et al., 2003}).$$

6.5 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

Para la estimación de las correlaciones genéticas entre las características de crecimiento se utilizó la información de PN, P205, P365 y P540, dejando fuera P90 debido por falta de información para este peso.

El modelo animal multivariado que se utilizó fue:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + Z_3PE + E \quad (6.5.1.)$$

Y = Matriz de observaciones

X, Z₁, Z₂ y Z₃ = Matrices de incidencia para efectos fijos y covariables y para efectos aleatorios genéticos directos y maternos y ambientales permanentes, respectivamente.

β , U, M y PE = Vectores para las soluciones de los efectos fijos y coeficientes de regresión y para efectos aleatorios genéticos directos y maternos y ambientales permanentes, respectivamente.

E = Matriz de residuales.

Se utilizaron los componentes de varianza resultado de los análisis univariados como valores iniciales para los análisis multivariados.

La estimación de los componentes de (Co) varianza se realizó mediante el algoritmo IA-REML mediante la implementación del programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002).

6.6 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE Y PESO AL DESTETE

Por considerar que de las características de crecimiento aquí estudiadas, peso al destete es la más importante en el sistema de DP y teniendo en cuenta la cantidad de información disponible, solo se calcularon componentes de covarianza entre PTL y P205. Para esta estimación se utilizó la información de hembras que tuvieran primeras lactancias e información de peso al destete y se empleó un modelo semental bivariado donde se incluyeron los efectos de hato, año y época de parto de la vaca y nacimiento, las covariables PG, HT y RC dentro de subpoblación y como efecto aleatorio al efecto genético directo.

$$Y = X\beta + Z_1U + E \quad (6.6.1.)$$

Y = Matriz de observaciones

X y Z_1 = Matrices de incidencia para efectos fijos y covariables y para efectos aleatorios genéticos directos asociados al semental, respectivamente.

β , U = Matrices para las soluciones de los efectos fijos y coeficientes de regresión y de los efectos aleatorios genéticos directos asociados al semental, respectivamente.

E = Matriz de residuales.

La estimación de los componentes de (Co) varianza se realizó mediante el algoritmo IA-REML mediante la implementación del programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002).

7. RESULTADOS

7.1 COMPONENTES DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE

La media general para PTL fue 2020.86 ± 15.656 , siendo la media para la subpoblación HS de 2358.32 ± 25.707 , SP de 1865.96 ± 22.496 y SM de 1486.56 ± 24.656 kilos.

Los coeficientes de regresión y errores estándar para las covariables dentro de subpoblación presentaron valores positivos para PG y HT y negativos para RC, siendo mayores los efectos de raza para HS y SP, respectivamente (para SM no fue diferente de cero). El efecto de la heterocigosidad solo fue diferente de cero para SM y ningún coeficiente de RC fue diferente de cero. Los resultados se muestran en el Cuadro 16.

En el Cuadro 17 se muestran los componentes de varianza aditiva, ambiental permanente, residual y fenotípica para producción total de leche. La heredabilidad y repetibilidad fueron 0.12 ± 0.037 y 0.34 ± 0.018 , respectivamente.

7.2 COMPONENTES DE VARIANZA PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

La media general para peso al nacimiento fue 36.38 ± 0.954 kg., siendo las medias para la subpoblaciones 36.61 ± 0.161 , 36.469 ± 0.151 , 36.749 ± 0.191 y 29.32 ± 0.434 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente. Para peso ajustado a los 90 días la media general fue 90.82 ± 0.508 kg., siendo las medias para la subpoblaciones 87.22 ± 0.694 , 91.44 ± 0.831 , 96.65 ± 1.252 y 71.67 ± 3.179 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente. Para peso ajustado a los 205 días la media general fue 152.34 ± 0.642 kg., siendo la media para las subpoblaciones 146.21 ± 0.974 , 149.597 ± 1.053 , 164.31 ± 1.403 y 155.48 ± 2.665 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente. Para peso ajustado a los 365 días la media general fue 197.72 ± 0.918 kg., siendo las medias para la subpoblaciones 191.569 ± 1.536 , 195.128 ± 1.426 , 212.052 ± 2.037 y 195.08 ± 3.452 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente y para peso ajustado a los 540 días la media general fue 262.93 ± 1.219 kg., siendo la media para las subpoblaciones 258.64 ± 1.889 , 259.986 ± 1.922 , 277.120 ± 2.937 y 253.93 ± 5.854 kg., para HS, SP, SM y CE, respectivamente.

Los coeficientes de regresión para PG para cada una de las características de crecimiento corporal dentro de subpoblación fueron en su mayoría diferentes de cero y positivos para el caso de PN, P90 y en SM en P205 y P365, siendo negativos en los otros casos. Los coeficientes de regresión para HT en todos los casos fueron positivos, observándose una asociación positiva entre HT y las características de crecimiento corporal y en los coeficientes de regresión para RC fueron positivos en casi todos salvo en PN para HS, observándose una asociación negativa con las características de crecimiento corporal y RC, como se muestra en el Cuadro 18.

Los componentes de varianza genética aditiva directa y materna, ambiental permanente, residual, fenotípica y la covarianza entre efectos genéticos directos y maternos se presentan en el Cuadro 19. Las heredabilidades genética directa y

3. OBJETIVO GENERAL

Estimar componentes de varianza y covarianza para las características de producción total de leche y crecimiento corporal de tres grupos raciales en hatos de doble propósito

4. JUSTIFICACION

Los indicadores productivos en el sistema de Doble Propósito demuestran un pobre comportamiento productivo, debido en parte a falta de adopción de paquetes tecnológicos y a la ausencia de esquemas de mejoramiento genético adecuados

No existen esquemas de evaluación, ni programas de selección y cruzamientos controlados para el sistema de producción de doble propósito

El establecimiento de programas de mejoramiento genético requiere conocer los parámetros genéticos de las características de interés económico dentro del sistema de producción de doble propósito.

5. HIPOTESIS DE TRABAJO

Las características de producción de leche, peso al nacimiento, peso a los 90, 205, 365 y 540 días, están relacionadas genéticamente entre sí y son factibles de ser seleccionadas de manera conjunta

La inclusión de genes de razas europeas dentro de las poblaciones tropicales, incrementa el potencial productivo de los animales

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 MATERIALES

La información que se utilizó fue generada en los hatos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en 5 Campos Experimentales: “La Posta” y “Playa Vicente” en Veracruz, “Las Margaritas” en la Sierra Oriente de Puebla, “Matías Romero” en Oaxaca y “Balancán” en Tabasco.

El Campo Experimental “La Posta” (CELP), se encuentra ubicado en el Km. 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo Veracruz. Estando situado a 12 msnm, se define el clima como trópico subhúmedo cálido Aw1, con una temperatura promedio anual de 26 °C, una humedad relativa promedio anual de 78%, una precipitación anual de 1300 mm. Además cuenta con un periodo bien marcado de lluvias en Verano, presentando una temporada de vientos fuertes del norte que inicia el mes de Octubre y termina en Mayo (Lozano *et al*, 1984). En el CELP se localizan dos hatos que por tener manejos diferentes se tomaron por separado, denominando a uno como “Modulo de Doble Propósito” y al otro como “El Establo” (CELP1 y CELP2, respectivamente).

El Campo Experimental “Playa Vicente” (CEPV) se encuentra ubicado en el Km. 32 Carretera Isla – Playa Vicente, Col. Lealtad de Muñoz, Playa Vicente Veracruz. Presenta un clima definido como trópico subhúmedo cálido con una temperatura promedio anual de 26°C, precipitación promedio anual de 2200 mm, caracterizado por presentar 2 periodos bien marcados, el denominado de lluvias que comprende de los meses de Junio a Febrero y el de sequía que comprenden los meses de Marzo a Mayo, respectivamente.

El Campo Experimental “Las Margaritas” (CELM), se encuentra ubicado en el Municipio de Hueytamalco, Puebla. Presenta un clima subtropical húmedo semicalido Af(c) con una temperatura anual de 20.8°C, con mínima de 15.3 °C en verano y máxima de 24.2°C. Presenta un periodo bien marcado de lluvias que comprende de los meses de Junio a Septiembre. Además presenta una

temporada de nortes con lloviznas que inicia en el mes de Octubre y termina en Febrero (Ortiz *et al*, 1983).

El Campo Experimental “Matías Romero” (CEMR), se encuentra ubicado en el municipio de Matías Romero, Oaxaca, cerca de la comunidad de Tolosita. Presenta un clima trópico subhúmedo cálido con una temperatura promedio anual de 25.5°C. Además cuenta con un periodo bien marcado de lluvias que comprende de los meses de Junio a Octubre, con el complemento de meses con una época de menor precipitación pluvial que podría denominarse sequía.

El Campo Experimental “Balancán” (CEB), se encuentra ubicado en el Km. 10 de la carretera W-10 El Triunfo - San Pedro en el municipio de Balancán, Tabasco. Con un clima clasificado como trópico húmedo muy calido, presenta una temperatura promedio anual de 26°C, y una precipitación media anual de 1720 mm caracterizada por presentar un periodo bien marcado de lluvias que va de los meses de Mayo a Noviembre, el resto es la época de estiaje.

La información histórica de las estaciones climatológicas más cercanas pertenecientes al SMN se presenta en los Cuadros 11 y 12.

La información con la que se cuenta son los registros que se han estado llevando mediante el uso de formatos o tarjetas de registros productivos individuales por animal en los 6 hatos de los 5 campos experimentales.

El manejo general de los animales en los últimos años se ha venido realizando conforme a lo recomendado por Koppel *et al*. (2002).

Los animales en los campos son resultado de la cruce de las razas *B. taurus* (de las razas HS, SP y SM) con animales *B. indicus*. El inicio del esquema de cruzamiento fue un rotacional de 2 razas donde se utilizaron de manera alterna animales *B. taurus* en dos generaciones y *B. indicus* en una generación evitando cruzar animales de distinta raza *B. taurus* y resultando en la formación de 3 subpoblaciones de animales HS, SP y SM X CE (HSXC, SPXC y SMXC respectivamente) por lo que a pesar de encontrarse en los mismos hatos son

poblaciones genéticamente independientes. Posteriormente, bajo las directrices del proyecto nacional de mejoramiento genético de ganado bovino en el trópico mexicano se inició el uso de sementales híbridos o cruzados de los genotipos $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ *B. taurus* X *B. indicus*, tratando de mantener los grupos genéticos entre el 50 y 75% de genes *B. taurus*.

La producción de leche se registró diariamente al momento de la ordeña en las hojas de campo de los hatos, esta información se recopilaba en las tarjetas individuales de registros productivos para finalmente sumar las producciones diarias y calcular la producción total de leche por lactación (PTL).

Los pesajes corporales (PC) se realizaron mensualmente, aunque en la mayoría de los casos en los registros solo se anotaban los pesajes al nacimiento, destete, año y 18 meses. Para el caso de los pesajes corporales, se realizó el ajuste a los 90, 205, 365 y 540 días, como se muestra en el Anexo 1.

La preparación de las variables se realizó con base en la distribución original de la producción de leche y pesajes corporales ajustados, como se muestra en el Anexo 2.

Además se formaron y evaluaron las variables de épocas de parto y nacimiento mediante 3 criterios de clasificación, precipitación pluvial, temperatura y estaciones del año. Se realizaron análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS, donde se utilizaron modelos de efectos fijos incluyendo los efectos de hato, año y época de parto o nacimiento, determinando la mejor clasificación para las épocas comparando el cuadrado medio del error y el coeficiente de determinación; siendo la clasificación basada en la precipitación pluvial la utilizada en el presente estudio debido a que la mayoría de las fluctuaciones productivas dependen de la disponibilidad de alimento, siendo la humedad una limitante importante para el crecimiento del forraje. La descripción de la distribución de las épocas se muestra en el Anexo 3.

También se utilizó la información de la composición racial y genealógica de los animales para crear un grupo de variables para cada una de las subpoblaciones denominadas porcentaje de genes europeos (PG), HT y RC.

El número de parto o lactación fue agrupado en tres niveles, primero, segundo y tercer parto o más.

La variable de sexo de la cría se agrupó en hembras, machos y gemelos, donde se incluyó a los animales con sexo de la cría desconocido.

Las estadísticas descriptivas para las características de producción leche y crecimiento corporal por subpoblación y por hato se muestran en los Cuadros 13, 14 y 15.

6.2 MÉTODOS

Para poder realizar las estimaciones de varianzas y covarianzas se determinó el modelo de efectos fijos para cada una de las características productivas incluidas en este trabajo revisando los efectos utilizados en trabajos similares en la literatura y evaluándolos mediante análisis de varianza en SAS, quedándonos con los efectos que fueron diferentes ($P < 0.5$). Los efectos fijos para PTL fueron: hato, año y época de parto, número de lactancia y sexo de la cría y para crecimiento corporal fueron hato, año y época de nacimiento y sexo del animal. La inclusión de las covariables lineales de PG, HT y RC dentro de subpoblación se realizó para todas las características productivas.

6.3 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA ADITIVA Y EFECTOS GENÉTICOS NO ADITIVOS PARA PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE

Para el caso de PTL se utilizaron 5,040 registros de lactancias completas y útiles de las cruzas de Cebú con HS, SP y SM, (2253, 1921 y 866), respectivamente, provenientes de cada uno de los hatos de los campos experimentales antes mencionados.

La predicción de los componentes de varianzas y las soluciones de los efectos fijos y sus errores estándar fueron obtenidos utilizando un modelo de repetibilidad mediante el algoritmo AI-REML implementado en el programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002), cuya forma es la siguiente:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_3PE + E \quad (6.3.1.)$$

Donde:

Y es el vector de las observaciones.

X, Z₁, Z₃ son las matrices de incidencia de soluciones para los efectos fijos y coeficientes de regresión; para efectos genéticos directos del animal y efectos genéticos maternos; y para ambiente permanente

β, U, PE son los vectores de soluciones para los efectos fijos y covariables, efectos genéticos directos del animal, efectos genéticos maternos y ambiente permanente.

E es el vector de residuales.

6.4 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA ADITIVA Y EFECTOS GENÉTICOS NO ADITIVOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

Para el caso de las características de crecimiento corporal se utilizaron registros de pesajes corporales útiles al nacimiento ($n = 4429$) y ajustados a los 90 ($n = 1700$), 205 ($n = 3878$), 365 ($n = 3017$) y 540 ($n = 2276$) días (PN, P90, P205, P365 y P540, respectivamente) de CE y cruzas de Cebú con HS, SP y SM.

La predicción de las varianzas y las soluciones de los efectos fijos y sus errores estándar fueron obtenidos utilizando un modelo animal incluyendo el efecto del ambiente permanente mediante el algoritmo AI-REML implementado en el programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002).

Los modelos para la estimación de los componentes de varianza fueron construidos basados en los reportes de Meyer *et al.* (1994), Rodríguez-Almeida *et al.* (1997), Groeneveld *et al.* (1998), Tosh *et al.* (1999), Kahi *et al.* (2000), Bittencourt *et al.* (2002), Demeke *et al.* (2003) y Roso *et al.* (2005) quedando de la siguiente manera:

Para peso al nacimiento se utilizó el modelo, según:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + Z_3PE + E ; \text{ donde } \sigma_{um} = A\sigma_{um} \quad (6.4.1.)$$

Para peso a los 90 días se utilizó el modelo:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + E ; \text{ donde } \sigma_{um} = 0 \quad (6.4.2.)$$

Para peso a los 205 y 365 días se utilizó el modelo:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + Z_3PE + E ; \text{ donde } \sigma_{um} = 0 \quad (6.4.3.)$$

Para peso a los 540 días se utilizó el modelo:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_3PE + E \quad (6.4.4)$$

Donde:

Y es el vector de las observaciones.

X, Z₁, Z₂, Z₃ son las matrices de incidencia para los efectos fijos y covariables; efectos genéticos directos del animal; efectos genéticos maternos y ambiente permanente, respectivamente.

β, U, M, PE son los vectores de soluciones para los efectos fijos y coeficientes de regresión, efectos genéticos directos del animal, efectos genéticos maternos y ambiente permanente.

E es el vector de residuales.

A es la matriz de relaciones aditivas.

σ_{um} la covarianza entre los efectos genéticos directos y maternos.

La heredabilidad total se calculó de la siguiente manera
$$h_t^2 = \frac{(\sigma_a^2 + 0.5\sigma_m^2 + 1.5\sigma_{um})}{\sigma_p^2} \quad (6.4.5.) \quad (\text{Demeke et al., 2003}).$$

6.5 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

Para la estimación de las correlaciones genéticas entre las características de crecimiento se utilizó la información de PN, P205, P365 y P540, dejando fuera P90 debido por falta de información para este peso.

El modelo animal multivariado que se utilizó fue:

$$Y = X\beta + Z_1U + Z_2M + Z_3PE + E \quad (6.5.1.)$$

Y = Matriz de observaciones

X, Z₁, Z₂ y Z₃ = Matrices de incidencia para efectos fijos y covariables y para efectos aleatorios genéticos directos y maternos y ambientales permanentes, respectivamente.

β , U, M y PE = Vectores para las soluciones de los efectos fijos y coeficientes de regresión y para efectos aleatorios genéticos directos y maternos y ambientales permanentes, respectivamente.

E = Matriz de residuales.

Se utilizaron los componentes de varianza resultado de los análisis univariados como valores iniciales para los análisis multivariados.

La estimación de los componentes de (Co) varianza se realizó mediante el algoritmo IA-REML mediante la implementación del programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002).

6.6 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE Y PESO AL DESTETE

Por considerar que de las características de crecimiento aquí estudiadas, peso al destete es la más importante en el sistema de DP y teniendo en cuenta la cantidad de información disponible, solo se calcularon componentes de covarianza entre PTL y P205. Para esta estimación se utilizó la información de hembras que tuvieran primeras lactancias e información de peso al destete y se empleó un modelo semental bivariado donde se incluyeron los efectos de hato, año y época de parto de la vaca y nacimiento, las covariables PG, HT y RC dentro de subpoblación y como efecto aleatorio al efecto genético directo.

$$Y = X\beta + Z_1U + E \quad (6.6.1.)$$

Y = Matriz de observaciones

X y Z_1 = Matrices de incidencia para efectos fijos y covariables y para efectos aleatorios genéticos directos asociados al semental, respectivamente.

β , U = Matrices para las soluciones de los efectos fijos y coeficientes de regresión y de los efectos aleatorios genéticos directos asociados al semental, respectivamente.

E = Matriz de residuales.

La estimación de los componentes de (Co) varianza se realizó mediante el algoritmo IA-REML mediante la implementación del programa ASREML (Gilmour *et al.*, 2002).

7. RESULTADOS

7.1 COMPONENTES DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE

La media general para PTL fue 2020.86 ± 15.656 , siendo la media para la subpoblación HS de 2358.32 ± 25.707 , SP de 1865.96 ± 22.496 y SM de 1486.56 ± 24.656 kilos.

Los coeficientes de regresión y errores estándar para las covariables dentro de subpoblación presentaron valores positivos para PG y HT y negativos para RC, siendo mayores los efectos de raza para HS y SP, respectivamente (para SM no fue diferente de cero). El efecto de la heterocigosidad solo fue diferente de cero para SM y ningún coeficiente de RC fue diferente de cero. Los resultados se muestran en el Cuadro 16.

En el Cuadro 17 se muestran los componentes de varianza aditiva, ambiental permanente, residual y fenotípica para producción total de leche. La heredabilidad y repetibilidad fueron 0.12 ± 0.037 y 0.34 ± 0.018 , respectivamente.

7.2 COMPONENTES DE VARIANZA PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

La media general para peso al nacimiento fue 36.38 ± 0.954 kg., siendo las medias para la subpoblaciones 36.61 ± 0.161 , 36.469 ± 0.151 , 36.749 ± 0.191 y 29.32 ± 0.434 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente. Para peso ajustado a los 90 días la media general fue 90.82 ± 0.508 kg., siendo las medias para la subpoblaciones 87.22 ± 0.694 , 91.44 ± 0.831 , 96.65 ± 1.252 y 71.67 ± 3.179 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente. Para peso ajustado a los 205 días la media general fue 152.34 ± 0.642 kg., siendo la media para las subpoblaciones 146.21 ± 0.974 , 149.597 ± 1.053 , 164.31 ± 1.403 y 155.48 ± 2.665 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente. Para peso ajustado a los 365 días la media general fue 197.72 ± 0.918 kg., siendo las medias para la subpoblaciones 191.569 ± 1.536 , 195.128 ± 1.426 , 212.052 ± 2.037 y 195.08 ± 3.452 kg. para HS, SP, SM y CE, respectivamente y para peso ajustado a los 540 días la media general fue 262.93 ± 1.219 kg., siendo la media para las subpoblaciones 258.64 ± 1.889 , 259.986 ± 1.922 , 277.120 ± 2.937 y 253.93 ± 5.854 kg., para HS, SP, SM y CE, respectivamente.

Los coeficientes de regresión para PG para cada una de las características de crecimiento corporal dentro de subpoblación fueron en su mayoría diferentes de cero y positivos para el caso de PN, P90 y en SM en P205 y P365, siendo negativos en los otros casos. Los coeficientes de regresión para HT en todos los casos fueron positivos, observándose una asociación positiva entre HT y las características de crecimiento corporal y en los coeficientes de regresión para RC fueron positivos en casi todos salvo en PN para HS, observándose una asociación negativa con las características de crecimiento corporal y RC, como se muestra en el Cuadro 18.

Los componentes de varianza genética aditiva directa y materna, ambiental permanente, residual, fenotípica y la covarianza entre efectos genéticos directos y maternos se presentan en el Cuadro 19. Las heredabilidades genética directa y

materna y la repetibilidad para cada una de las características, mostraron valores dentro de los rangos reportados en la literatura, como se muestra en el Cuadro 20.

7.3 COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

Los coeficientes de regresión y errores estándar para cada una de las covariables dentro de subpoblación y para cada una de las características se muestran en el Cuadro 21, siendo ligeramente menores pero mostrando un comportamiento similar con los resultados de los análisis univariados

La estructura completa de componentes de (Co) varianza para las características de crecimiento corporal se muestra en el Cuadro 22, mostrando que las covarianzas genéticas de los efectos directos para PN con el resto de las características son negativas y entre P205, P365 y P540 son positivas, las covarianzas genéticas de los efectos maternos para PN con P205 y P540 son negativas y PN entre P365 y entre P205, P365 y P540 son positivas.

Las heredabilidades directas y maternas, muestran valores para PN dentro de lo reportado en la literatura, pero para el resto de las características de crecimiento corporal están en los límites superiores de los reportes o en algunos casos por arriba de ese límite superior, como se muestra en el Cuadro 23.

7.4 COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE Y PESO AL DESTETE

La heredabilidad para PTL fue congruente con los resultados de los reportes en la literatura (Van Der Werf y De Boer, 1989; Akbas *et al.*, 1993; Fuerst y Sölkner, 1994; Miller y Wilton 1999), pero superiores a los de Agreeb y Hayes (2000) y la heredabilidad para P205 fue similar a los valores reportados dentro de la revisión de Groeneveld *et al.* (2003), como se muestra en el Cuadro 24.

Los componentes de covarianza y las correlaciones fenotípicas y genéticas entre PTL y P205 fueron positivas y moderadas pero no diferentes de cero para el caso de la correlación genética, como se muestra en el Cuadro 24.

8. DISCUSIÓN

8.1 COMPONENTES DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE

Los efectos genéticos no aditivos (**EGNA**) para producción total de leche explican una fracción importante de la variación presente en la característica. En general los coeficientes de regresión para los EGNA dentro de subpoblación mostraron un comportamiento en el mismo sentido a lo reportado previamente por (Van Der Werf y De Boer, 1989b; Akbas *et al.*, 1993; Brotherstone y Hill, 1994; Kahi *et al.*, 2000; Wall *et al.*, 2005), pese a que solo los efectos de PG en HS y SP y de RC para SM fueron diferentes de cero.

Los coeficientes de regresión aquí presentados muestran coeficientes de regresión mayores que los reportados por Akbas *et al.* (1993); Brotherstone y Hill (1994) y Wall *et al.* (2005), lo que se puede explicar por las diferencias entre las bases de datos ya que los EGNA son mas importantes al momento de cruzar razas con mayor distancia filogenética y los autores anteriores trabajaron con cruzas de *B. taurus* X *B. taurus* cuando la información utilizada en el presente estudio es proveniente de cruzas de *B. taurus* X *B. indicus*. En el caso de Kahi, *et al.* (2000) los autores analizaron ambos tipos de cruzamientos, encontrando coeficientes de regresión negativos para las cruzas AY X SP y AY X SW y negativos para la crusa SP X SW. Los coeficientes de regresión para pérdidas por recombinación fueron positivos para las cruzas AY X SP y negativos para AY X SP y SP X W, pese que ningún coeficiente fue no diferentes de cero ($P > 0.05$).

Van Der Werf y De Boer (1989b) utilizaron información de ganado Holstein Holandés y estimaron una varianza fenotípica menor que en el presente estudio incluyendo EGNA en el modelo, obteniendo una varianza aditiva 1.86 veces mayor; encontrando menor proporción de la varianza explicada por efectos genéticos, debido a que los EGNA si bien son importantes para la estimación de los parámetros en esta población, los EGNA tiene efectos pequeños sobre la producción de leche, a diferencia de lo sucedido en la población objeto del presente estudio.

La heredabilidad y repetibilidad para producción total de leche en este estudio fueron superiores a las reportadas por Agreeb y Hayes (2000) en Sudán para vacas HS al reportar estos autores heredabilidad y repetibilidad de 0.05 ± 0.24 y 0.20 ± 0.03 , respectivamente. En poblaciones cruzadas donde los EGNA suelen ser importantes fuentes de variación, su inclusión dentro de las estimaciones de componentes de varianza y evaluaciones genéticas mejoran los estimadores, como lo han demostrado diversos autores (Van Der Werf y De Boer, 1989 a y b; Akbas *et al.*, 1993; Brotherstone y Hill, 1994; Fuerst y Sölkner, 1994 y Miller y Wilton, 1999). Todos ellos han utilizado modelos incluyendo EGNA y han reportado valores para la heredabilidad de producción de leche en un rango de 0.15 a 0.45. Se considera que la inclusión de los EGNA en el modelo, mejora la estimación de los componentes de varianza debido a que los EGNA explican parte de la variación presente en poblaciones cruzadas. La importancia de los EGNA en poblaciones puras está en discusión ya que aunque se supone no está presente en estas poblaciones, se ha demostrado su efecto en poblaciones como la Holstein en diferentes lugares cuando se cuantifican tomando en cuenta el origen de los animales de la raza, americanos o europeos.

8.2 COMPONENTES DE VARIANZA PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

Los EGNA para características de crecimiento corporal han sido ampliamente estudiados y explicados, como también está ampliamente documentada su importancia económica y productiva aportando un beneficio importante en el comportamiento productivo de los animales (Dickerson 1969 y 1973).

Matika *et al.* (2003) realizaron una comparación de modelos, donde se evaluó la inclusión de los efectos genéticos directos, maternos y ambientales permanentes, así como la inclusión de la covarianza entre los efectos genéticos directos y maternos, realizando la comparación entre los diferentes modelos mediante la prueba de logaritmos de máximo verosimilitud, reportado que para las características de crecimiento corporal a edades tempranas los efectos genéticos directos, maternos y ambientales permanentes maternos explican una parte importante de la variación; y conforme el animal madura, volviéndose independiente de la madre, los efectos genéticos directos explican la mayor parte de la variación de las características de crecimiento corporal. En el presente estudio, por falta de información no se pudieron dividir correctamente los efectos genéticos aditivos maternos y ambientales permanentes maternos en peso ajustado los 90 días, al igual que la inclusión de la covarianza entre los efectos genéticos aditivos directos y maternos, no mejoró el ajuste de los modelos tomando como comparación entre los modelos la proporción de logaritmos de máxima verosimilitud.

Según la revisión realizada por Groeneveld *et al.* (2003) en la que examinaron los parámetros estimados por varios autores y reportaron los propios con ganado Afrikánder, existe un comportamiento similar de los parámetros genéticos dependiendo de la población y la metodología empleada para su estimación, siendo la estructura de la información la que permite o limita la implementación de ciertas metodologías para la estimación de parámetros

genéticos. Todos los parámetros genéticos para las características incluidas en el presente estudio presentaron valores conforme a los reportados, permitiendo la implementación de programas de mejora genética en las características de crecimiento corporal.

8.3 COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO CORPORAL

La estructura completa de las varianzas y covarianzas para los efectos genéticos aditivos directos y maternos de las características en el estudio que se presenta en el Cuadro 22, los parámetros genéticos para los efectos genéticos aditivos directos y maternos estimados están por encima de los reportados por Groeneveld *et al.* (1998), salvo el caso de los efectos genéticos aditivos directos y maternos para peso al nacimiento. Es posible que el presente estudio sobre estime los efectos genéticos directos y maternos debido al tamaño de muestra y el número de progenie por semental (Abubakar *et al.*, 1986). Las covarianzas y correlaciones entre los efectos genéticos directos y maternos para peso al nacimiento y para peso ajustado los 205 días presentan valores moderados y negativos, siendo congruente con lo reportado por Groeneveld *et al.* (1988), a diferencia con peso ajustado a los 365 y 540 que presentan valores altos y negativos. Es de mencionarse que pese a la diferencia en magnitud el signo de los estimadores es el mismo en todos los casos.

Las correlaciones genéticas aditivas directas y maternas son moderadas a bajas y negativas entre peso al nacimiento y las demás características de crecimiento corporal, siendo diferente el comportamiento a lo reportado y revisado por Groeneveld *et al.* (1998), y las correlaciones genéticas aditivas directas y maternas entre peso ajustado a los 205, 365 y 540 días son altas y positivas, mostrando valores congruentes dentro de los revisados y reportados por Groeneveld *et al.* (1998).

Un gran número de covarianzas y correlaciones estimadas dentro de la estructura no tienen una interpretación biológica clara, habiéndose hasta el momento dado explicaciones basadas en la correlación entre la madre y la descendencia y desde el punto de vista evolutivo (Baker, 1980 en Groeneveld 1998 y Cundiff, 1972)

Las diferencias presentes en la estructura y relaciones entre los efectos genéticos directos y maternos para peso al nacimiento y las distintas características de crecimiento corporal, además de las diferencias en magnitudes de algunas covarianzas entre efectos genéticos directos y maternos, dentro y entre características, presentan valores similares a los encontrados en la literatura. La variación genética de las características aquí encontrada permite la implementación de programas de mejora genética maximizando la respuesta a la selección para las distintas características dentro del presente trabajo, una vez conocidas las relaciones entre ellas.

8.4 COMPONENTES DE (CO) VARIANZA Y CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE Y PESO AL DESTETE

La estimación de la covarianza entre producción de leche y peso al destete en el presente trabajo presentó un valor bajo y positivo, no siendo posible diferenciarlo de cero. Los resultados de Bandinga *et al.* (1985) donde reportaron correlaciones bajas y negativas para producción de leche y peso corporal al momento del parto y a los de Mavrogenis y Papachristoforou (2000) en cabras y borregas que reportaron correlaciones genéticas bajas y positivas para producción de leche y peso corporal al momento del apareamiento, son similares a los del presente trabajo al no poderlos diferenciar de cero como resultado de la escasa información utilizada en las estimaciones anteriores, aunque debemos de tomar en cuenta que en el presente trabajo estamos utilizando el peso al destete y la primera lactancia del mismo animal. Lee y Pollack (2002) reportaron correlaciones bajas y negativas con producción de leche y el peso corporal de las crías del parto

correspondiente, pudiendo diferenciarlas de cero. Las estimaciones de la covarianza y correlación genética entre el peso al destete y la primera lactancia pudiera estar indicándonos el grado de asociación que existe en los genes que hacen que una hembra crezca y los genes que hacen que esta misma hembra produzca leche, demostrando así que es factible realizar selección para ambas características en la población multirracial de doble propósito en el trópico mexicano.

Al resultar correlacionadas dos características se requiere del uso de metodologías como la del índice de selección para implementar esquemas de mejoramiento. El índice de selección requerirá a su vez de la obtención de los valores económicos para las características de interés tomando en cuenta la contribución que cada una de las características aporta al beneficio económico general del sistema de producción y ponderando a éstos por la estructura genética de la población y las relaciones genéticas entre características (correlaciones).

9. CONCLUSIONES

Los EGNA presentes como resultado de los cruzamientos realizados entre las razas *Bos taurus* y *Bos indicus* explican una parte importante de la variación presente en las producción total de leche, peso al nacimiento y pesos ajustados a los 90, 205, 365 y 540 días.

Las características de crecimiento corporal presentan variación y asociación genética entre los distintos pesos incluidos en el presente trabajo, siendo susceptibles de ser mejorados genéticamente de manera conjunta mediante esquemas y metodologías adecuadas.

La variación genética de la característica producción total de leche permitirá mejorar genéticamente al ganado de DP. Sin embargo, este mejoramiento será independiente del de las características de crecimiento ya que la correlación genética entre estas características no fue diferente de cero.

- Doña” con ganado Suizo Pardo, Suizo Pardo X Cebú, Holstein X Cebú y Simmental X Cebú, en pastoreo rotacional. CE “Las Margaritas”. Pp. 27-42.
98. Villegas, C.M.C., Román, P.H. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Técnica Pecuaria en México*.51:51-61.
99. Wall, E., Brotherstone, S., Kearney, J.F, Woolliams, J.A., Coffey, M.P. 2005. Impact of nonadditive genetics effects in the estimation of breeding values for fertility and correlated traits. *Journal of Dairy Science*. 88:376-385.
100. Willham, R.L, 1970. Beef Cattle –symposium-Crossbreeding for beef, now and in the future. Genetic Consequences of crossbreeding. *Journal of Animal Science*. 30:690-693
101. Willham, R.L., Pollack, E. 1985. Symposium: Heterosis and crossbreeding. Theory of heterosis. *Journal of Dairy Science*. 68:2411-2417.

vacas suizo pardo, Holstein y cruce de Holstein X Cebú. Técnica pecuaria en México. Sup. 7 15-19.

87. Schaeffer, L.R. 1993. Variance component estimation methods. University of Guelph. Guelph, Ontario. Julio 1993. Pp 115.
88. Seré, C. 1983. Classification of milk production systems in tropical South America: a first Approximation. *Tropical Animal Production*. 8:99-110.
89. Sheridan, A.K. 1981. Crossbreeding and heterosis. *Animal Breeding Abstracts*. 49:131-144.
90. SIACON, 2003. Anuario estadístico de la producción agrícola. SIACON-CEA-SIAP-SAGARPA. CD interactivo.
91. Taneja, V.K., Bhat, P.N. 1986. Milk and beef production in tropical environments. *Third World Congress on Genetic Applied to Livestock*. Lincoln, Nebraska, USA. Pp. IX:73-91.
92. Tosh, J.J., Kemp, R.A., Ward, D.R. 1999. Estimates of direct and maternal genetic parameters for weights and backfat thickness in a multibreed population of beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 79:433-439.
93. Vacaro, L. 1984. The comparative performance of Holstein Friesian and brown Swiss breeds in crosses with tropical cattle: A review of the literature. *Tropical Animal Production*. 9:86-94.
94. Van Der Werf, J. H. J., De Boer, W. 1989a. Influence of nonadditive effects on estimation of genetic parameters in Dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 72:2606-2614.
95. Van Der Werf, J. H. J., De Boer, W. 1989b. Estimation of genetic parameters in a crossbred population of black and white cattle. *Journal of Dairy Science* 72:2615-2623.
96. Van Vleck L.D, Pollack, E.J., Oltenacu B.E.A. 1987. *Genetics for animal sciences*. Ed. Freeman. New Cork. 391 pp.
97. Vega, M.V.E, Gonzáles, O.A., Peraza, L.I.J., Palacios, L.A. 1989. Fase de desarrollo dentro de la tercera evaluación del modulo de doble propósito "La

- differences for birth weight and weaning weights in three multibreed population. *Journal Animal Science*. 75:1203-1212.
78. Rodríguez, G.F. 1981. Ganado Lechero en el Trópico. Tercer Día del Ganadero. Campo Experimental "La Posta". INIP. Pp. 27-29.
79. Román, P.H., Barradas, L. H., Rodríguez, G.F. 1978. Resultados de Investigación en alimentación de Ganado Productor de Leche en el Trópico. XIV Reunión Anual Sección Trópico. Pp. 50-62.
80. Román, P.H., Román, P.C. 1981. Producción de Leche en un Sistema Extensivo Tradicional en Clima Tropical. *Técnica Pecuaria en México*. 40:7-15.
81. Román, P.H., Hernández, L.J.J., Castillo, R.H. 1983. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 1. Características reproductivas de vacas Holstein y Suizo Pardo. *Técnica Pecuaria en México*. 45:21-30
82. Román, P.H. 1986. Comportamiento Producido de diferentes Razas de Vacas Lecheras en el Trópico dentro del Cuarto día del Ganadero del Campo Experimental Pecuario de Tizimín. INIP-SARH. Pp.91-97.
83. Roso, V.M, Schenkel, F.S, Millar, S.P., Wilton, J.W. 2005a. Additive, dominance and epistatic loss effects on preweaning weights gain of crossbred beef cattle from different *Bos Taurus* breeds. *Journal of Animal Science* 83:1780-1787.
84. Roso, V.M, Schenkel, F.S, Millar, S.P., Wilton, J.W. 2005b. Estimation of genetic effects in the presence of multicollinearity in multibreed beef cattle evaluation. *Journal of Animal Science* 83:1788-1800.
85. Ruiz F. A., Sagarnaga, V.M.L., Mariscal, A. V, Estrella, Q. H, González, A. M, Juárez, Z, A. 2004. Impacto del TLCAN en la cadena de valor de Bovinos para carne. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
86. Treviño, T.R., Garza, T. R, Monroy, L.M., González, P.M.A. 1981. Producción de Leche en Pastoreo rotacional Intensivo y semi-intensivo de

68. Miller, S.P., Wilton, J.W. 1999. Genetic relationship among direct and maternal components of milk yield and maternal weaning gain in a multibreed beef herd. *Journal of Animal Science* 77:1155-1161.
69. Montaldo, H. 2004. Cálculo y uso de pesos económicos en mejoramiento genético de caprinos para la producción de carne. XIX Reunión Nacional Sobre Caprinocultura. 13-15 de octubre de 2004. Acapulco, Gro.:104-113.
70. Ortiz, O. G., Robles, B. C. 1983 Comportamiento en un Hato de Vacas Suizo Pardo en Pastoreo en Clima Tropical Húmedo Af(C) *Técnica Pecuaria en México*. 44:69-71.
71. Padilla, R.F.J, Román, P.H. 1982. Crecimiento de vaquillas de la raza Holstein y Suizo Pardo bajo dos niveles de alimentación en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México*. Supl. 8:24-30.
72. Palomo, G.C, Villagomez, A.E, Cuevas, H.O, Ortiz, G.A. 1986. Modulo de doble propósito: Avances en su implementación. VI Día del ganadero Campo Experimental Pecuario "Playa Vicente". Pp.73-81.
73. Peña, M.E., Urdaneta, F., Arteaga, G., Casanova, A. 1997. Caracterización del recurso animal en sistemas de ganadería bovina de doble propósito. *Rev. Fac. Agrom. (LUZ)*. 14:573-587.
74. Portugal, G.A., Garza, T.R., De León, G.R., Molina, Z.I. 1981. Avances en la Investigación en Producción de Leche en Pastoreo en el Trópico de México. *Técnica Pecuaria en México*. Sup. 7 52-60.
75. Rao, V. P., Taneja, V. K. 1986. Genetic variability and sire X mating system interaction for milk yield in Holstein-Sahiwal crosses. *Third World Congress on Genetic Applied to Livestock*. Lincoln, Nebraska, USA. Pp. IX:115-118.
76. Rodriguez-Almeida, F.A., Van Vleck, L.D., Willham, R.L., Northcutt, S.L. 1995. Estimation of Non-additive genetic variances in three synthetic lines of beef cattle using an animal model. *Journal Animal Science*. 73:1002-1011.
77. Rodriguez-Almeida, F.A., Van Vleck, L.D., Gregory, K.E.1997. Estimation of direct and maternal breed effects for prediction of expected progeny

58. Hewetson, R.W, Thompson B.J., Clarke, R.H., Donegan, S.M., Franklin, I.R. 1986, The AMZ program – A dairy a breeding program for the tropic. Third World Congress on Genetic Applied to Livestock. Lincoln, Nebraska, USA. XI: 544-547.
59. Madalena, F.E.1989. Cattle breed resource utilization for dairy production in Brazil. Rev. Brasil. Genet. 12,3 Supplement, 183:220.
60. Madalena, F.E., Lemos, A.M., Teodoro, R.L., Barbosa, R.T., Monteiro, J.B.N. 1990. Journal of Dairy Science. 73:1873-1886.
61. Manríquez, M. Y., Román, P.H., Hernández, L.J.J., Padilla, R.F.J, Castillo, R.H.1983. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 2. Características reproductivas de vaquillas Holstein y Suizo Pardo hasta su primera lactancia. Técnica Pecuaria en México. 45:31-35
62. Martínez, F. Quejiero, M., Guimond, H.. 1986. Ganadería Lechera en el Tropico Humedo en México “Experiencia de una década en la Chontalpa”. Nestle de México, SA de CV. Pp. 95.
63. Matika, O, Van Wyk, J.B, Erasmus, Baker, R.L. 2003. Genetic parameter estimates in Sabi Sheep. Livestock Production Science 79:17-28.
64. Mavrogenis, A.P., Papachristoforou. 2000. Genetic and phenotypic relationships between milk production and body weight in Chios sheep and Damascus goats. Livestock Production Science. 67:81-87.
65. McDowell, R.E., Wilk, J.C., C.W. Talbott, C.W. 1996. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. Journal of Dairy Science. 79:1292-1303.
66. Memoria del Octavo Día del Ganadero en el Campo Experimental Pecuario Balancán. 1985. INIP-SARH. Pp.49-66.
67. Meyer, K. Carric, M.J. Donnelly, B.J.P. 1994. Genetic parameters for milk productions of Australian beef cows and weaning weight of their calves. Journal of Animal Science 72:115-1165.

48. Kinghorn, B. 1982. Genetic effects in crossbreeding. Multibreed selection indices. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 99:315-320
49. Kinghorn, B. 1983. Genetic effects in crossbreeding. Epistatic loss in crossbred mice. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 100:209-222.
50. Koch, R.M., Dickerson, G.E., Cundiff, L.V., Gregory, K.E. 1985. Heterosis in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*. 60:1117-1132.
51. Koppel R.E.T, Ortiz, O.G.A., Ávila, D.A., Lagunes, L.J., Castañeda, M.O.G., López, G.I., Aguilar, B.U., Román, P.H, Villagomez, C.J.A., Aguilera, S.R., Quiroz, V.J., Calderón, R.C.C., 2002. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. INIFAP-CIRGOC. Libro técnico Num. 5. Segunda Edición. Veracruz. México. 161p.
52. Komender, P., Hoeschele, I. 1989. Use of Mixed-Model methodology to improve estimation of crossbreeding parameters. *Livestock Production Science*. 21:01-113
53. Künzi, N., Krof W. 1986. Genetic improvement for milk and meat production in the tropic. Third World Congress on Genetic Applied to Livestock. Lincoln, Nebraska, USA. IX:165-176
54. Lee, A.J., Boichard, A., McAllister, A.J., Lin, C.Y., Nadarajah, K., Batra, T.R., Roy, G.L. y Vesely. 1992. Genetics of growth feed intake and milk yield in Holstein Cattle. *Journal of Dairy Science*. 75:3145-3154.
55. Lee, C., Pollack, E.J. 2002. Genetic antagonism between body weight and milk production in beef cattle. *Journal of animal Science*. 80:316-321
56. Liinamo, A.E., Ojala, M., Van Arendonk, J. 2001. Genetic relationship of meat and milk production in Finnish Ayrshire. *Livestock Production Science*. 69:1-8.
57. López, D. Ribas, M. 1993. Formación de nuevas razas lecheras. Resultados en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 27:1-10.

37. Gregory, K.E., Swinger, L.A., Koch, R.M., Sumption, L.J., Rowden, W.W., Ingalls, J.E. 1965. Heterosis in preweaning traits of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 24:21-28.
38. Groeneveld, E. Mostert, B.E., Rust T. 1998. The covariance structure of growth traits in the Afrikaner beef population. *Livestock Production Science* 55:99-107.
39. Guzmán, C.T. 1985. Crianza y desarrollo de becerros de Doble Propósito dentro del Primer Día del Ganadero del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Oaxaca, AC. Pp. 35-40.
40. Guzmán, C.T. 1985. Manejo Reproductivo de un Hato de Doble Propósito dentro del Primer Día del Ganadero del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Oaxaca, AC. Pp. 51-62.
41. Hernández, H.V.D. 1988. Fase de Crianza dentro del VIII Día del Ganadero Campo Experimental "Playa Vicente". Pp. 19-32.
42. Henderson, C.R. 1984. Applications of linear models in animal breeding. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. P423.
43. Hill, W.G. 1982. Dominance and epistasis as components of heterosis. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 99:161-168.
44. Hirooka, H., Groen, A.F., Juluis, H.J, Van der Werf. 1998. Estimation of additive and non-additive genetic parameters for carcass traits on bulls in dairy, dual purpose and beef cattle breeds. *Livestock production science*. 54:99-105.
45. Hofer A. 1998 Variance component estimation in animal breeding: a review. *J. Anim. Breed. Genet*. 115:247-265.
46. Kahi, A.K, Thorpe, W., Nitter, G., Baker, R.L. 2000. Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya. I. Estimation of individual crossbreeding effects on milk production and reproductive traits and on cow live weight. *Livestock production science*. 63:39-54.
47. Kinghorn, B. 1982. Genetic effects in crossbreeding. Model of merit. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 99:59-68.

28. Fernández, L.J.J., Román, P.H, Padilla, R.F.J, Koppel, R.E.T, Pérez, S.J, Castillo, R.H. 1984. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 5. Efecto de raza, producción láctea y peso corporal sobre los niveles de triyodotironina en dos estaciones del año. *Técnica Pecuaria en México*. 47:78-81.
29. Fimland, E. 1983. Methods of estimating the effects of heterosis. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 100:3-8.
30. Fuerst, C., Sölkner, J. 1994. Additive, and nonadditive genetic variances for milk yield, fertility and lifetime performance traits for dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 77:1114-1125.
31. Galaviz, R.J,R, Trujillo, C.R, Vega, M.V, Juárez, P.F., Herrera, S.J. 1987. Fase de producción dentro de la Quinta Evaluación del Modulo de producción de Leche "Santa Elena". *Campo Experimental "Las Margaritas", INIP-SARH*. Pp. 45-55.
32. García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Copen. Tercera Edición.
33. García, P.M.J., Nava, A.J.J.1999. Factores que afectan la producción total por lactancia del mestizo Holstein – Brahman en condiciones de bosque seco tropical. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, Año 5, Nro. 1, 5-14.
34. Getz, W.R., H.G. Hutchison, M.L. Kyomo, A.M. Macha, D. Mpiri. 1986, Development of a Dual-Purpose cattle composite in the tropics. *Third World Congress on Genetic Applied to Livestock*. Lincoln, Nebraska, USA. XI:493-498.
35. Gilmour, A. R., Gogel, B. J., Cullis, B. R., Welham, S. J., Thompson, R. 2002. *ASReml User Guide Release 1.0* VSN International Ltd, Hemel Hempstead HP11 ES, UK. p. 267.
36. Gleaves, O.G, Rosete, F.J.V., Olazaran, J.S. 1989. Fase de producción dentro de la Tercera Evaluación del Modulo de Doble Propósito "La Doña". *Campo Experimental "Las Margaritas", INIP-SARH*. Pp. 32-42.

purebred *Bos Indicus* and crossbred cattle. *Livestock Production Science* 84:11-21

19. Demeke, S. Nesor, F.W.C., Schoeman, S.J. 2003b. Early growth performance of *Bos taurus* X *Bos indicus* cattle crosses in Ethiopia: Evaluation of different crossbreeding models. *Journal of Animal Breeding and Genetic* 120:39-50.
20. Demeke, S. Nesor, F.W.C., Schoeman, S.J. 2003c. Early growth performance of *Bos taurus* X *Bos indicus* cattle crosses in Ethiopia: Estimation of individual crossbreeding effects. *Journal of Animal Breeding and Genetic* 120:245-257.
21. Dickerson. G.E. 1969. Experimental Approaches in utilising Breed Resources. *Animal Breeding Abstracts*. 37:191-202.
22. Dickerson. G.E. 1973. Inbreed and Heterosis in Animals. In Proc. Of Animal Breeding and Genetic Simp. In honor Dr. Jay Luch. Amer. Soc. Anim. Sci. Champaign. ILL. Pp. 57-77.
23. DGGAN-SAGARPA, 2000a. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000. Disponible en www.sagarpa.gob.mx
24. DGGAN-SAGARPA, 2000b. Situación actual y perspectivas de la producción de carne de ganado bovino en México 1990-1998. Disponible en www.sagarpa.gob.mx
25. Dillard, E.U., Rodríguez, O. Robinson, W.1980. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *Journal of Animal Science*. 50:653-663.
26. Eisen, E.J, Hörstgen-Schawrk, G., Saxton, A.M. Bandy, T.R. 1983. Genetic interpretación and análisis of diallel crosses with animals. *Theoretical and applied genetics*. 65:17-23.
27. Falconer D.S, Mackay T. F.C. 2001. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. Acriba, España. 469 pp.

9. Bandinga, L. Collier, R.J., Wilcox, C.J. Thatcher, W.W. 1985. Interrelationships of Milk yield, body weight and reproductive performance. *J. Dairy. Science.* 68:1828-1831.
10. Barradas, L.H.V, Román, P.H., Monroy, A.V. 1979. Comportamiento de becerros de razas lecheras en diferentes sistemas de alojamiento en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 37:29-33.
11. Becerril, O. C.M., Román, P.H. Castillo, R.H. 1981. Comportamiento Productivo de Vacas Holstein, Suizo Pardo y Sus Cruzas con Cebú F1 en Clima Tropical. *Técnica Pecuaria en México.* 40:16-24.
12. Bittencourt, T.C.C, Rocha, J.C.M.C, Lobo, R.B., Becerra, L.F. 2002. Variance components and breeding values for post weaning growth traits of Nellore cattle, from different statistical models. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia* 54:3.
13. Blasco A. 2004. La description del crecimiento. Uni. Politécnica de Valencia. XIV Curso internacional sobre mejora genética animal 4 al 29 de Octubre. Madrid, España.
14. Brotherstone, S., Hill W.G. 1994. Estimation of non-additive genetic parameters for lactations 1 a 4 and survival in Holstein-Friesian dairy cattle. *Livestock Production Science.* 40:115-122.
15. Calderón, R.R.C, Gonzáles, O.A, Toledo, C.F, Rojas, B.E., Herrera, S.J. 1987. III. Fase de desarrollo. Dentro del la quinta demostración del modulo de producción de leche "Sta. Elena" con ganado Suizo Pardo en pastoreo. *Campo Experimental "Las Margaritas"*. Pp. 37-55.
16. Campo Experimental "Balancán". 1986. VIII día del ganadero "Manejo y avances de investigación con ganado bovino de doble propósito. Pp.27-66.
17. De Dios, V.O.O. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Primera Edición. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
18. Demeke, S. Nesor, F.W.C., Schoeman, S.J. 2003a. Variance components and genetic parameters for early growth traits in a mixed population of

ANEXO # 1

FORMACION DE PESOS AJUSTADOS A LOS 90, 205, 365 Y 540 DIAS.

PESO AJUSTADO S LOS 90 DIAS (P90)

$$P90 = \left(\left(\frac{(PP90 - PN)}{DPP90} \right) * 90 \right) + PN$$

PESO AJUSTADO A LOS 205 DIAS (P205)

$$P205 = \left(\left(\frac{(PP205 - PN)}{DPP205} \right) * 205 \right) + PN$$

PESO AJUSTADO A LOS 365 DIAS (P365)

$$P365 = \left(\left(\frac{(PP365 - P205)}{DPP365} \right) * 160 \right) + PN$$

PESO AJUSTADO A LOS 540 DIAS (P540)

$$P540 = \left(\left(\frac{(PP540 - P205)}{DPP540} \right) * 335 \right) + PN$$

Donde:

PP90, PP205, PP365, PP540 son el peso mas próximo a las 90, 205, 365 y 540 días

DPP90, DPP205, DPP365, DPP540 es el número de días entre los pesajes usados para calcular la diferencia entre los pesajes.

ANEXO # 2

PREPARACION DE VARIABLES

Se realizó un análisis exploratorio de las variables bajo estudio mediante el procedimiento de "PROC UNIVARIATE" en SAS V8.2.

PRODUCCIÓN DE LECHE TOTAL

El número de observaciones antes de la edición de la variable de producción total de leche fue de 5,309 con una media de 1,932.5 y una desviación estándar de 1,111.3. El coeficiente de variación de la variable fue de 57.5. Estos datos presentaron una kurtosis de 1.02 y un sesgo de 0.83.

Para excluir valores extremos se eliminaron los valores que se encontraron fuera de los cuantiles 1 y 99 de la base de datos con lo que se logró que la distribución acampanada de la variable aproximara mejor a la normalidad.

CRECIMIENTO CORPORAL

Las variables que se prepararon fueron las Peso al Nacimiento (PN), Peso a los 90 días (P90), Peso a los 205 días (P205), Peso a los 365 días (P365) y Peso a los 540 días (P540).

Edición de la variable Peso al Nacimiento

El número de observaciones totales antes de la edición de la variable PENAC fue de 4,972 con una media de 36.1 y una desviación estándar de 6.9. El coeficiente de variación de la variable fue de 19.3. Estos datos presentaron una kurtosis de 0.44 y un sesgo de 0.32.

Para excluir valores extremos se eliminaron los valores fuera de los cuantiles 1 y 99 de la base de datos con lo que se logró que la distribución acampanada de la variable se aproximara mejor a la normalidad.

Edición de la variable Peso a los 90 días

El número de observaciones totales antes de la edición de la variable del peso a los 90 días fue de 1824 con una media de 90.7 y una desviación estándar de 22.2. El coeficiente de variación de la variable fue de 24.5. Estos datos presentaron una kurtosis de 2.05 y un sesgo de 0.85.

Para excluir valores extremos se eliminaron los valores fuera de los cuantiles 1 y 99 de la base de datos con lo que se logró que la distribución acampanada de la variable se aproximara mejor a la normalidad.

Edición de la variable de Peso a los 205 Días

El número de observaciones totales antes de la edición de la variable P205 fue de 4,227 con una media de 150.8 y una desviación estándar de 40.0. El coeficiente de variación de la variable fue de 26.5366. Estos datos presentaron una kurtosis de -0.17 y un sesgo de 0.43.

Para excluir valores extremos se eliminaron los valores fuera de los cuantiles 1 y 99 de la base de datos con lo que se logró que la distribución acampanada de la variable se aproximara mejor a la normalidad.

Edición de la variable de Peso a los 365 días.

El número de observaciones totales antes de la edición de la variable de P365 fue de 3321 con una media de 195.9 y una desviación estándar de 50.2. El coeficiente de variación de la variable fue de 25.6. Estos datos presentaron una kurtosis de -0.21 y un sesgo de 0.36.

Para excluir valores extremos se eliminaron los valores fuera de los cuantiles 1 y 99 de la base de datos con lo que se logró que la distribución acampanada de la variable se aproximara mejor a la normalidad.

Edición de la variable de Peso a los 540 días.

El número de observaciones totales antes de la edición de la variable de P540 fue 2,487 con una media de 261.7 y una desviación estándar de 56.9. El

coeficiente de variación de la variable fue de 22.1. Estos datos presentaron una kurtosis de 0.25 y un sesgo de 0.46.

Para excluir valores extremos se eliminaron los valores fuera de los cuantiles 1 y 99 de la base de datos con lo que se logró que la distribución acampanada de la variable se aproximara mejor a la normalidad.

ANEXO # 3

CLASIFICACIÓN DE ÉPOCAS DEL AÑO

CLASIFICACIÓN DE ÉPOCAS DEL AÑO SEGÚN LAS ESTACIONES DEL AÑO

Este criterio de clasificación de estaciones de año se utilizó definiendo las 4 estaciones en año en trimestres, quedando la época de Primavera de Abril a Junio, Verano de Julio – Septiembre, Otoño de Octubre a Diciembre e Invierno de Enero a Marzo. Quedando distribuidas las épocas de manera uniforme entre los distintos hatos incluidos en los análisis.

CLASIFICACIÓN DE ÉPOCAS DEL AÑO SEGÚN LA PRECIPITACION PLUVIAL

Se utilizó la información histórica disponible en las páginas electrónicas del Sistema Meteorológico Nacional (**SMN**) y de la Comisión Nacional del Agua (**CNA**), donde se localizó la estación climatologica de mayor cercanía a cada una de las instalaciones. Se utilizó la información histórica para poder determinar las épocas de mayor precipitación pluvial (arriba de la media) y las de menor precipitación (debajo de le media).

CLASIFICACIÓN DE ÉPOCAS DEL AÑO SEGÚN LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA.

A partir de la información histórica de las fuentes del punto anterior se determinaron las épocas de mayor (arriba de la media) y las épocas de menor temperatura (debajo de le media).

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN DE LECHE

Se presentan los valores de los niveles de significancia para los efectos hato, año y época de parto (HATO, AÑO y EPOCA, respectivamente; utilizando las distintas clasificaciones para época de parto.

EFEECTO	HATO	AÑO	EPOCA
E.A.	0.0001	0.0001	0.0964
E.P.P.	0.0001	0.0001	0.0008
E.T.M.D	0.0001	0.0001	0.0130

E.A.= Época clasificada por estaciones del año, E.P.P.= Época clasificada por precipitación pluvial, E.T.M.D = Época clasificada por temperatura media diaria.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CRECIMIENTO CORPORAL

Se presentan los valores de los niveles de significancia para los efectos hato, año y época de parto (HATO, AÑO y EPOCA, respectivamente; utilizando las distintas clasificaciones para época de nacimiento.

EFEECTO	Peso al nacimiento			Peso ajustado a los 90 días		
	HATO	AÑO	EPOCA	HATO	AÑO	EPOCA
E.A.	0.0001	0.0001	0.0066	0.0001	0.0001	0.0001
E.P.P.	0.0001	0.0001	0.2454	0.0001	0.0001	0.0001
E.T.M.D	0.0001	0.0001	0.3416	0.0001	0.0001	0.0001
EFEECTO	Peso ajustado a los 205 días			Peso ajustado a los 365 días		
	HATO	AÑO	EPOCA	HATO	AÑO	EPOCA
E.A.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
E.P.P.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.2112
E.T.M.D	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.3985
EFEECTO	Peso ajustado a los 540 días					
	HATO	AÑO	EPOCA			
E.A.	0.0001	0.0001	0.0001			
E.P.P.	0.0001	0.0001	0.0001			
E.T.M.D	0.0001	0.0001	0.007			

E.A.= Época clasificada por estaciones del año, E.P.P.= Época clasificada por precipitación pluvial, E.T.M.D = Época clasificada por temperatura media diaria.

Con base en los resultados anteriores se tomó la determinación de utilizar la época clasificada con base en la precipitación pluvial, debido a que explica de manera adecuada la variación debido a este efecto para producción de leche y la mayoría de las características de crecimiento corporal; tomando en cuenta que las

variaciones productivas debidas a este efecto principalmente podrían estar explicadas como fluctuaciones en la disponibilidad de forraje debida a la ausencia o presencia de humedad para la producción del mismo en las maderas.

ANEXO # 4

CUADROS

Cuadro 1. Comportamiento en Producción de leche de razas especializadas en áreas tropicales del Mundo.

Lugar	Número de		Producción por Lactancia, Kg.	Duración de la lactancia, Días	Promedio vaca/día Kg.
Grupo Genético	Observaciones	Lactancias			
Bolivia:					
Exótico (SP o HS)	64		804 ± 52	249 ± 10	3.2
Holstein:	66	1	2294 ± 73	305	7.5
	78	2	2876 ± 820	305	9.4
	95	3	2865 ± 87	305	9.4
	416	1-5	2677 ± 37	305	8.8
Brasil:					
Holstein	824 vacas	2987	4334	318	13.6
Holstein	55		4149 ± 318	318 ± 18	13.0
Cuba:					
Holstein	127	1-2	3533 ± 91	322	10.9
Islas Fiji:					
Friesian	141	1	2709 ± 757	305 ± 37	8.9
	109	2	3029 ± 909	294 ± 32	10.0
	80	3	3232 ± 910	294 ± 29	11.0
	31	4	2790 ± 853	284 ± 44	9.8
	23	5	3063 ± 778	296 ± 38	10.3
	17	6	3282 ± 885	296 ± 24	10.1
	8	7	3581 ± 347	304 ± 29	11.8
Jersey	39	1	2110 ± 523	299 ± 29	7.1
	31	2	2221 ± 581	293 ± 28	5.6
	24	3	2381 ± 556	296 ± 22	8.1
	17	4	2678 ± 282	298 ± 15	9.0
	13	5	2596 ± 476	299 ± 13	8.7
India:					
Thaparkar (TP)	753	1	2089.9	316.8	6.6

HS=Holstein, SP = Suizo Pardo

Adaptado de De Dios, (2001)

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos para producción de leche y duración de la lactancia de diferentes grupos raciales para la producción de leche durante las primeras lactancias, evaluados en la India.

GRUPO	Producción	Duración
GENÉTICO	Leche, kg	Lactancia, Días
3/8 HS - 5/8 SW	2286 ± 68	315 ± 6
½ HS - ½ SW	2787 ± 44	326 ± 4
5/8 HS - 3/8 SW	2654 ± 38	318 ± 4
¾ HS - ¼ SW	2632 ± 45	322 ± 4
7/8 HS - 1/8 SW	2647 ± 71	338 ± 6
½ HS - ½ TP	2760 ± 115	315 ± 11
½ HS - ½ SR	2538 ± 94	312 ± 9
½ HS - ½ GY	2526 ± 62	313 ± 5
SR	1338 ± 60	386 ± 13
1/8 JE - 7/8 SR	1314 ± 96	438 ± 21
2/8 JE - 6/8 SR	1554 ± 72	376 ± 16
3/8 JE - 5/8 SR	1557 ± 83	379 ± 18
4/8 JE - 4/8 SR	1783 ± 61	355 ± 13
5/8 JE - 3/8 SR	1861 ± 99	340 ± 22
6/8 JE - 2/8 RS	1247 ± 128	385 ± 28
F1 SP SW	2895 ± 34	352 ± 5
F2 SP SW	2183 ± 84	316 ± 11
F3 SP SW	2352 ± 154	352 ± 22
SW	1798 ± 39	349 ± 8

HS=Holstein, SW= Sahiwal, TP=Thsparkar, SR=Red Sindhi, GY=Gir o Gyr

SR=Red Sindhi, JE= Jersey, SW= Sahiwal, SP =Suizo Pardo; F1, F2, F3: Familia filial 1, 2 y 3

Adaptado de Tanajena y Baht, (1986)

Cuadro 3. Comportamiento en Producción de leche de razas especializadas y sus cruzas con *B. Indicus* en áreas tropicales

Lugar	Número de		Producción	Duración	Promedio
	Observaciones	Lactancias	por Lactancia, Kg.	de la lactancia, Días	vaca/día Kg.
<u>Bolivia:</u>					
¾ Exótico	32		739 ± 56	258 ± 12	2.86
½ Exótico	76		713 ± 32	237 ± 8	3.01
¼ Exótico	30		748 ± 39	239 ± 39	3.13
Criollo	94		690 ± 25	258 ± 6	2.67
Cebú / Criollo	99		669 ± 24	229 ± 6	2.92
Otro	17		613 ± 58	254 ± 20	2.41
<u>Gir o Guzerat X</u>					
2/8 Holstein	86	1	1670 ± 66	305	5.47
	58	2	1950 ± 93	305	6.39
	22	3	2124 ± 118	305	6.96
	222	1-5	1926 ± 47		
3/8 Holstein	24	1	2033 ± 151	305	6.66
	16	2	2332 ± 200	305	7.65
	10	3	2645 ± 255	305	8.67
4/8 Holstein	68	1-5	1926 ± 47		
	482	1	2136 ± 35	305	7.00
	504	2	2460 ± 45	305	8.07
	393	3	2648 ± 59	305	8.68
5/8 Holstein	1880	1-5	2422 ± 22		
	590	1	2152 ± 39	305	7.06
	474	2	2502 ± 51	305	8.20
	364	3	2820 ± 66	305	9.25
6/8 Holstein	1949	1-5	2523 ± 25		
	444	1	2216 ± 37	305	7.27
	289	2	2555 ± 50	305	8.38
	206	3	2757 ± 63	305	9.04
7/8 Holstein	1192	1-5	2571 ± 25		
	355	1	2191 ± 42	305	7.18
	288	2	2554 ± 57	305	8.37
	213	3	2882 ± 29	305	9.45
	1115	1-5	2562 ± 29		
<u>Brazil:</u>					
7/8 HS X 1/8 Gir	35		3894 ± 263	301 ± 15	12.93
¾ HS X ¼ Gir	53		4034 ± 252	305 ± 13	13.22

Continuación Cuadro # 3.					
Cuba:					
¾ HS X ¼ CE	163		4108 ± 79	317	12.9
5/8 HS X 3/8 CE	144		3692 ± 85	299	12.3
India:					
Tharparkar	753	1	2089.9	316.8	6.6
HS X Gir	59	1-5	2930	316	9.3
5/8	42	1-5	2330	309	7.5
½	26	1-5	2734	314	8.7
5/8	130	1-5	2724	313	8.7
¾	25	1-5	2657	315	8.4
HS X Tharparkar	157		3505 ± 50	305	11.5
	80		3310 ± 68	305	10.8
	54		2916 ± 88	305	9.5
	121		2866 ± 63	305	9.3
	60		2875 ± 86	305	9.4
Sahiwal					
SW X HS	126		1617.7	300	5.4
3/8 SW x 5/8 HS	124		2,909	300	9.7
5/8 x3/8	70		2722.9	300	9.1
Resumen					
½ HS x ½ CE			2166 ± 31		
½ SP x ½ CE			1917 ± 58		
½ JE x ½ CE			1725 ± 36		

HS= Holstein, SP= Suizo Pardo, CE: Cebú, JE=Jersey, SW= Sahiwal

Adaptado de De Dios, (2001)

Cuadro 4. Medias de producción de leche y duración de la lactancia de las razas especializadas utilizadas en los Campos Experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias en el Trópico Mexicano

	Lugar	Producción por Lactancia, Kg.	Duración de la lactancia, días
Grupo Genético	Campo Experimental		
<i>Sistema intensivo</i>			
Holstein	La Posta	2423	325
Pardo Suizo	La Posta	2821	315
Jersey	La Posta	2537	325
<i>Sistema Semi - Intensivo</i>			
Holstein	La Posta	2980	296
Holstein	Aldama	2619	294
Holstein	Tizimín	2653	301
Pardo Suizo	La Posta	2812	290
Pardo Suizo	Aldama	2527	409
Pardo Suizo	Tizimín	2080	409
Pardo Suizo	Las Margaritas	3094	374

Adaptado de Román, (1986)

Cuadro 5. Comportamiento en producción de leche de razas especializadas en el Trópico Mexicano

Lugar	Número de		Producción por Lactancia, Kg.	Duración de la lactancia, días	Promedio vaca/día Kg.
Grupo Genético	Observaciones	Lactancias			
Hueytamalco, Puebla					
Suizo Pardo	54	1	2395 ± 89	285	8.4
	34	2	2858 ± 103	303	8.3
	55	3	2964 ± 100	331	7.7
	70	4	3066 ± 114	323	9.5
	53	5	3205 ± 87	302	10.6
	39	6 - 8	3194 ± 286	288	11.1
	305	1 - 8	2948 ± 45	307	9.6
Tizimín, Yucatán					
Holstein			2466	305	8.09
Paso del Toro					
Holstein	30		2204	266	8.3
Suizo Pardo	22		2035	264	7.7

Adaptado de De Dios, (2001)

Cuadro 6. Comportamiento productivo de animales cruzados *Bos taurus* X *Bos indicus* en un hato comercial en la Región Huasteca del Trópico Mexicano

GRUPO GENÉTICO	DURACIÓN LACTANCIA días	PRODUCCIÓN LACTANCIA Kg.
1	164 ± 5.9	794 ± 35
2	184 ± 23	960 ± 165
3	220 ± 8	1375 ± 56
4	219 ± 28	1293 ± 202
5	207 ± 7	1205 ± 48

HS = Holstein, SP = Suizo Pardo, Raza 1: Animales originales, Raza 2: Animales 25% HS, Raza 3: Animales 50% HS, Raza 4: Animales 75% HS, Raza 5: Animales resultado de otros cruzamientos, predominantemente animales con 50% SP

Adaptado de Román y Román, (1983)

Cuadro 7. Comportamiento productivo de los diversos genotipos utilizados y evaluados dentro del Proyecto Nacional “Mejoramiento Genético del Ganado Bovino de Doble Propósito de los Bovinos en el Trópico”

G.G.	F1				³/₄				5/8	
Pob.	HSXC	SPXC		SMC	HSXC	SPXC		SMXC	HSXC	HSXC
C.E.	CELP	CELP	CEPV	CEPV	CELP	CELP	CEPV	CEPV	CELP	R. C.
PL, Kg.	3144	2553	1765	1346	3226	2774	1582	1629	4136	2285
DL, Días	274	290	254	270	280	291	276	253	302	.

G.G. = Grupo genético, Pob= Subpoblación, R.C. = Ranchos Comerciales, C.E. = Campo Experimental, HSXC= Cruza Holstein y Cebú, SPXC= Cruza Suizo Pardo y Cebú, SMXC= Cruza Simmental y Cebú, PL= producción de leche, DL= Duración de la lactancia, CELP= Campo Experimental “La Posta”, CEPV= Campo Experimental “Playa Vicente”.

Adaptado de Castañeda et al., (2002)

Cuadro 8. Comportamiento productivo de las cruzas de razas especializadas con ganado Cebú o criollo en el Trópico Mexicano

Lugar	Número de		Producción por Lactancia, Kg.	Duración de la lactancia, días	Promedio vaca/día Kg.
	Observaciones	Lactancias			
Tizimín, Yuc.					
HSXC			2697	305	8.84
Paso del Toro, Ver.					
½ HS X ½ CE			1934.8	256.8	7.53
½ SP X ½ CE			1346.7	204.8	6.58
¾ HS X ½ CE			1817	255.6	7.11
¾ SP X ½ CE			1747.4	226.3	7.72
Plan Chontalpa C41, Tab.					
¼ HS X ¾ CE	9		1052	266	3.95
½ HS X ½ CE	50		960	251	3.82
¼ SP X ¾ CE	29		949	273	3.48
½ SP X ½ CE	11		911	253	3.60
HSXC	163		1879 ± 920	314.21	5.98
SPXC	113		1394 ± 540	310.47	4.49

HSXC= Cruza Holstein y Cebú, SPXC= Cruza Suizo Pardo y Cebú, HS= Holstein, SP= Suizo Pardo, CE= Cebú.

Adaptado de De Dios, (2001)

Cuadro 9. Correlaciones genéticas entre características de la canal de toros y vaquillas con el peso vivo de las vacas y producción de leche en vacas Ayrshire en Finlandia.

VACAS	TOROS /VAQUILLAS		
	Peso de la canal	Engrasamiento	Magrez
Peso vivo vaquilla	0.54	-0.09	0.09
Peso maduro vaquilla	0.56	-0.18	0.16
Producción de leche	0.29	0.15	0.08
Producción grasa	0.29	0.19	0.05
Producción proteína	0.32	0.18	0.08
Porcentaje de grasa	-0.04	0.05	-0.04
Porcentaje de proteína	0.04	0.04	0.02

Adaptado de Liinamo et al., (2001)

Cuadro 10. Correlaciones genéticas (Rg) entre peso al nacimiento (BW), destete (WW) y al año (YW) y características de producción de leche en Ganado Hanwoo en Corea

	BW, MY1	BW, MY2	BW, MY3	BW, MY4	BW, MYT
Rg	-0.08 ± 0.03	-0.10 ± 0.03	-0.16 ± 0.04	-0.16 ± 0.03	-0.09 ± 0.02
	WW, MY1	WW, MY2	WW, MY3	WW, MY4	WW, MYT
Rg	-0.10 ± 0.04	-0.04 ± 0.04	-0.21 ± 0.04	-0.15 ± 0.03	-0.13 ± 0.04
	YW, MY1	YW, MY2	YW, MY3	YW, MY4	YW, MYT
Rg	-0.19 ± 0.03	-0.15 ± 0.04	-0.12 ± 0.03	-0.18 ± 0.04	-0.17 ± 0.03

MY1= Producción de leche durante el primer mes de lactación, MY2= Producción de leche durante el segundo mes de lactación, MY3= Producción de leche durante el tercer mes de lactación, MY4= Producción de leche durante el cuarto mes de lactación, MYT= Producción total de leche.

Adaptado de Lee y Pollack, (2002)

Cuadro 11. Información histórica de la precipitación pluvial normal estándar mensual de los campos experimentales de los años 1961 - 1990

C. E.	MES												PROM. ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SPT	OCT	NOV	DIC	
La Posta	18.6	11.9	12.5	17.7	65.4	<u>275.4</u>	<u>425.5</u>	<u>353.6</u>	<u>317.2</u>	117.4	48.5	28.1	140.98
Playa Vicente	35.3	36.3	26.7	39.1	83.4	<u>379.2</u>	<u>433.6</u>	<u>362.3</u>	<u>323.8</u>	154.9	76.6	64.4	167.96
Matías Romero	94.8	80.7	40.9	27.1	128.0	<u>409.8</u>	<u>562.3</u>	<u>629.1</u>	<u>447.3</u>	<u>366.0</u>	191.2	159.8	261.41
Las Margaritas	101.3	98.9	110.1	155.9	179.9	<u>480.5</u>	<u>484.8</u>	<u>472.9</u>	<u>534.8</u>	<u>354.7</u>	194.9	114.8	273.63
Balancán	71.0	59.7	38.4	31.6	134.2	<u>243.8</u>	<u>174.9</u>	<u>222.8</u>	<u>271.5</u>	<u>208.9</u>	130.4	78.1	138.77

*En negritas y subrayado los meses arriba de la media

C.E.= Campo Experimental, ENE= Enero, FEB= Febrero, MAR= Marzo, ABR= Abril, MAY= Mayo, JUN= Junio, JUL= Julio, AGO= Agosto, SPT= Septiembre, OCT= Octubre, NOV= Noviembre, DIC= Diciembre

Elaboración propia con información tomada de <http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/normales.html> (2005)

Cuadro 12. Información histórica de la temperatura media diaria de los campos experimentales de los años 1961 - 1990

C. E.	MES												PROM. ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SPT	OCT	NOV	DIC	
La Posta	20.5	21.2	23.7	<u>25.9</u>	<u>27.7</u>	<u>27.5</u>	<u>26.6</u>	<u>26.7</u>	<u>26.4</u>	<u>25.1</u>	23.4	21.6	24.7
Playa Vicente	22.9	23.7	26.4	<u>28.9</u>	<u>30.0</u>	<u>28.9</u>	<u>28.0</u>	<u>28.1</u>	<u>27.9</u>	<u>26.7</u>	25.1	23.7	26.7
Matías Romero	22.6	23.5	<u>25.7</u>	<u>27.2</u>	<u>28.3</u>	<u>27.0</u>	<u>26.4</u>	<u>26.5</u>	<u>26.1</u>	25.4	24.2	23.3	25.5
Las Margarita	13.2	14.1	16.3	<u>18.8</u>	<u>20.7</u>	<u>19.7</u>	<u>19.1</u>	<u>19.2</u>	<u>18.7</u>	<u>17.4</u>	16.2	14.1	17.3
Balancán	23.2	24.5	26.3	<u>27.8</u>	<u>29.2</u>	<u>28.2</u>	<u>28.0</u>	<u>28.0</u>	<u>27.0</u>	<u>26.6</u>	25.2	23.8	26.5

*En negritas y subrayado los meses arriba de la media

C.E.= Campo Experimental, ENE= Enero, FEB= Febrero, MAR= Marzo, ABR= Abril, MAY= Mayo, JUN= Junio, JUL= Julio, AGO= Agosto, SPT= Septiembre, OCT= Octubre, NOV= Noviembre, DIC= Diciembre

Elaboración propia con información tomada de <http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/normales.html> (2005)

Cuadro 13. Estadísticas descriptivas para Producción Total de Leche (PTL), Duración de Lactancia (DL), Porcentaje de Genes *Bos taurus* (PG), Coeficiente de Heterocigosidad (HT) y Pérdidas por Recombinación (RC)

	HOLSTEIN			SUIZO PARDO			SIMMENTAL		
	N	μ	d.e.	N	μ	d.e.	N	μ	d.e.
C.E. LA POSTA MODULO DP									
PTL	576	2552.40	1289.130	155	2337.28	1118.780	.	.	.
DL	576	276.56	106.430	155	281.54	104.980	.	.	.
PG	576	0.64	0.120	155	0.67	0.117	.	.	.
HT	576	0.67	0.258	155	0.64	0.233	.	.	.
RC	576	-0.19	0.158	155	0.20	0.136	.	.	.
C.E. LA POSTA ESTABLO									
PTL	649	2781.39	1237.110	557	2356.13	1091.000	.	.	.
DL	649	289.08	107.814	557	278.32	108.126	.	.	.
PG	649	0.91	0.148	557	0.94	0.156	.	.	.
HT	649	0.16	0.271	557	0.12	0.307	.	.	.
RC	649	-0.07	0.100	557	-0.02	0.070	.	.	.
C.E. PLAYA VICENTE									
PTL	28	2032.29	830.417	317	1767.95	706.418	259	1689.00	738.648
DL	28	251.46	79.110	317	266.25	70.713	259	257.93	81.770
PG	28	0.52	0.045	317	0.60	0.111	259	0.59	0.119
HT	28	0.93	0.178	317	0.76	0.251	259	0.81	0.244
RC	28	-0.06	0.156	317	-0.16	0.177	259	-0.11	0.138
C.E. LAS MARGARITAS									
PTL	300	2526.98	1184.140	377	1687.21	876.800	451	1486.98	717.933
DL	300	322.56	109.271	377	260.92	80.013	451	254.42	83.791
PG	300	0.74	0.129	377	0.72	0.152	451	0.75	0.137
HT	300	0.51	0.247	377	0.55	0.298	451	0.49	0.270
RC	300	-0.20	0.094	377	0.16	0.110	451	-0.18	0.095
C.E. MATÍAS ROMERO									
PTL	482	1943.07	894.661	222	1628.23	775.724	61	1479.41	682.266
DL	482	282.62	102.164	222	267.43	118.497	61	231.49	94.533
PG	482	0.63	0.124	222	0.72	0.163	61	0.55	0.098
HT	482	0.69	0.270	222	0.53	0.317	61	0.85	0.229
RC	482	-0.17	0.161	222	-0.17	0.144	61	-0.10	0.163
C.E. BALANCÁN									
PTL	218	1313.85	719.743	293	1200.95	605.556	95	1019.06	528.614
DL	218	256.61	87.227	293	247.11	77.261	95	237.87	83.056
PG	218	0.58	0.136	293	0.57	0.158	95	0.61	0.138
HT	218	0.74	0.233	293	0.70	0.207	95	0.74	0.252
RC	218	-0.16	0.150	293	-0.19	0.123	95	-0.14	0.133

μ : Media ; d.e.= Desviación estándar.

Cuadro 14. Estadísticas descriptivas para crecimiento corporal Peso al nacimiento (PN), peso ajustado a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente) Porcentaje de Genes *Bos taurus* (PG), Coeficiente de Heterocigidad (HT) y Pérdidas por Recombinación (RC)

	HOLSTEIN			SUIZO PARDO			SIMMENTAL		
	N	μ	d.e.	N	μ	d.e.	N	μ	d.e.
C.E. LA POSTA MODULO DP									
PN	325	38.63	6.489	131	38.73	5.212	.	.	.
P90	268	83.88	17.741	95	84.09	14.940	.	.	.
P205	272	137.36	26.838	104	135.69	29.673	.	.	.
P365	249	182.63	42.501	95	181.73	45.396	.	.	.
P540	208	262.05	48.466	71	280.45	50.567	.	.	.
PG	330	0.68	0.105	135	0.64	0.144	.	.	.
HT	330	0.49	0.118	135	0.55	0.160	.	.	.
RC	330	-0.34	0.108	135	-0.29	0.119	.	.	.
C.E. LA POSTA ESTABLO									
PN	300	35.79	6.317	146	38.73	6.172	.	.	.
P90	251	86.74	15.176	117	83.38	15.922	.	.	.
P205	251	133.32	26.635	114	129.39	24.778	.	.	.
P365	216	172.93	45.492	103	170.43	37.139	.	.	.
P540	199	248.85	44.969	93	250.99	45.903	.	.	.
PG	306	0.85	0.176	148	0.93	0.146	.	.	.
HT	306	0.26	0.303	148	0.13	0.286	.	.	.
RC	306	-0.12	0.128	148	-0.03	0.086	.	.	.
C.E. PLAYA VICENTE									
PN	73	32.14	5.034	429	34.81	5.636	449	33.79	5.371
P90	63	101.76	23.526	331	97.23	23.415	408	96.87	22.954
P205	63	174.00	53.103	381	166.22	51.160	413	157.13	48.143
P365	61	232.49	54.350	286	209.36	56.783	361	205.58	52.358
P540	56	296.34	69.048	215	278.01	69.855	273	270.39	67.555
PG	73	0.56	0.101	441	0.62	0.138	456	0.61	0.128
HT	73	0.78	0.249	441	0.68	0.246	456	0.68	0.247
RC	73	-0.16	0.198	441	-0.19	0.154	456	-0.21	0.174

Continuación Cuadro #14									
		HOLSTEIN		SUIZO PARDO		SIMMENTAL			
	N	μ	d.e.	N	μ	d.e.	N	μ	d.e.
C.E. LAS MARGARITAS									
PN	330	38.72	6.089	416	39.52	5.269	419	39.78	5.725
P90	6	68.17	7.167	13	82.31	35.694	10	90.00	32.239
P205	309	169.94	33.350	378	167.86	35.694	386	172.56	35.473
P365	168	237.97	47.900	230	223.80	48.199	216	234.24	47.744
P540	78	316.19	60.366	105	290.01	50.533	104	310.38	56.425
PG	334	0.70	0.179	425	0.75	0.195	432	0.70	0.184
HT	334	0.48	0.205	425	0.40	0.258	432	0.48	0.219
RC	334	-0.23	0.077	425	-0.20	0.107	432	-0.23	0.078
C.E. MATÍAS ROMERO									
PN	181	36.08	5.601	76	36.22	6.030	39	37.69	7.087
P90	81	90.15	16.128	30	82.73	12.023	11	90.91	15.182
P205	146	155.67	28.302	60	148.85	29.317	36	164.97	43.080
P365	80	194.59	37.737	23	153.13	33.297	9	190.89	42.085
P540	71	257.32	44.440	21	231.62	43.773	11	285.00	41.840
PG	181	0.71	0.094	76	0.76	0.159	39	0.64	0.080
HT	181	0.49	0.170	76	0.40	0.253	39	0.51	0.130
RC	181	-0.30	0.124	76	-0.24	0.158	39	-0.39	0.116
C.E. BALANCÁN									
PN	346	34.65	5.835	431	34.91	6.189	207	34.43	6.143
P90	2	76.00	5.657	9	69.44	9.369	.	.	.
P205	294	129.82	32.252	376	133.06	30.422	182	142.83	37.563
P365	277	176.11	38.709	364	179.79	39.375	173	189.91	43.023
P540	240	236.70	47.844	309	240.52	43.904	152	252.54	51.635
PG	350	0.61	0.157	444	0.58	0.173	213	0.59	0.167
HT	350	0.57	0.175	444	0.59	0.162	213	0.63	0.210
RC	350	-0.28	0.123	444	-0.27	0.109	213	-0.23	0.130

μ : Media ; d.e.= Desviación estándar.

Cuadro 15. Estadísticas descriptivas para crecimiento corporal de los animales *Bos indicus* para Peso al nacimiento (PN), peso ajustado a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente).

	N	CEBÚ	
		μ	d.e.
PN	130	29.32	4.948
P90	3	71.67	5.508
P205	112	155.48	28.208
P365	106	195.08	35.545
P540	70	253.93	48.980

μ : Media ; d.e.= Desviación estándar.

Cuadro 16. Coeficientes de regresión (β) y errores estándar (e.e.) para producción total de leche para cada una de las subpoblaciones en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.

	HOLSTEIN		SUIZO PARDO		SIMMENTAL	
	β	e.e.	β	e.e.	β	e.e.
PG	1889.75*	352.80	1482.06*	354.14	768.81	404.05
HT	647.89	215.94	625.09	216.34	844.95*	253.08
RC	-409.34	261.27	-170.16	269.90	-623.52	526.65

*Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P < 0.1$)

Porcentaje de genes *Bos taurus* (PG), coeficiente de heterocigosidad (HT) y pérdidas por recombinación (RC)

Cuadro 17. Componentes de varianza para producción de leche total por lactancia en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.

Varianza	
Aditiva	99868
Amb. Perm.	182790
Residual	561431
Fenotípica	844089

Amb. Perm = Ambiente permanente

Cuadro 18. Coeficientes de regresión (β) y errores estándar (e.e.) para Porcentaje de Genes (PG), Coeficiente de Heterocigosidad (HT) y Pérdidas por Recombinación (RC) para cada una de las subpoblaciones en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.

		HOLSTEIN		SUIZO PARDO		SIMMENTAL	
		β	e.e.	β	e.e.	β	e.e.
PN	PG	0.54	0.806	6.81*	0.759	4.40*	1.086
	HT	1.03	0.568	1.56+	0.556	2.02*	0.592
	RC	-7.07*	1.577	1.25	1.314	2.74	1.865
P90	PG	14.89+	6.242	14.94+	6.230	29.25*	7.160
	HT	23.19*	4.243	31.87**	4.129	30.64*	5.538
	RC	27.94*	7.010	47.75**	5.789	66.45*	10.79
P205	PG	-12.13+	4.796	-23.05*	4.529	27.85*	6.254
	HT	20.91*	3.440	35.49**	3.239	24.52**	3.437
	RC	53.21*	9.825	74.70**	8.161	144.57***	10.972
P365	PG	-25.89*	6.579	-46.09**	6.202	4.35	8.936
	HT	28.33*	4.826	42.31**	4.447	30.75*	4.982
	RC	35.09+	13.113	50.17*	10.812	130.89**	15.743
P540	PG	-42.13*	8.410	-51.28*	8.228	-9.87	12.006
	HT	40.78**	6.324	55.24**	6.012	41.60**	6.596
	RC	50.17+	16.452	77.05*	13.922	127.35**	19.80

+Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P < 0.15$), *Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P < 0.1$), **Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P < 0.05$), ***Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P < 0.01$)

PN: Peso al nacimiento; P90, P205, P365 y P540: Pesos ajustados a los 90, 205, 365 y 540 días, respectivamente.

Cuadro 19. Componentes de varianza genética aditiva directa y materna, ambiental permanente, residual, fenotípica y covarianza entre efectos genéticos directos y maternos para peso al nacimiento (PN), pesos ajustados a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente) en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.

Varianza	PN	P90	P205	P365	P540
Directa	11.61	75.21	323.01	431.39	665.26
Materna	2.62	43.21	213.51	96.29	NE
Cov(D,M)	-4.79	NE	NE	NE	NE
Amb. Perm.	4.86	NE	78.33	112.02	156.82
Residual	19.26	183.69	531.96	1093.84	1494.44
Fenotípica	28.76	302.10	1146.82	1733.53	2316.52
LogL.	-9765.69	-5521.70	-15074.7	-12508.6	-9759.95

Cuadro 20. Heredabilidad para peso al nacimiento (PN), pesos ajustados a los 90, 205, 365 y 540 días (P90, P205, P365 y P540, respectivamente) usando los resultados del mejor modelo en una población multirracial bajo un sistema de doble propósito.

	h^2_d	e.e	h^2_m	e.e	re	e.e	h^2_t
PN	0.40	0.094	0.0910	0.044	0.5727	0.100	0.20
P90	0.25	0.070	0.1439	0.043	NE	NE	0.32
P205	0.28	0.046	0.186	0.045	0.35	0.057	0.38
P365	0.25	0.05	0.06	0.037	0.31	0.059	0.28
P540	0.29	0.0572	NE	NE	0.35	0.0547	0.29

PN: Peso al nacimiento; P205, P365 y P540: Pesos ajustados a los 205, 365 y 540 días, respectivamente. h^2_d : Heredabilidad sobre efectos genéticos directos; h^2_m : Heredabilidad sobre efectos genéticos maternos; re: Repetibilidad; h^2_t : Heredabilidad total.

Cuadro 21. Coeficientes de regresión (β) y errores estándar (e.e.) para cada una de las covariables dentro de subpoblación para las características de crecimiento corporal en una población multirracial en el trópico mexicano

		HOLSTEIN		SUIZO PARDO		SIMMENTAL	
		β	e.e.	β	e.e.	β	e.e.
PN	PG	1.18	0.795	4.58*	0.747	4.91*	1.070
	HT	1.13+	0.562	1.57+	0.549	2.11*	0.585
	RC	-7.12*	1.547	1.33	1.305	2.26	1.843
P205	PG	-29.81*	5.010	-41.02**	4.704	6.05	6.647
	HT	20.05*	3.432	24.01**	3.434	24.01**	3.434
	RC	52.93*	9.772	72.62**	8.010	137.18**	11.247
P365	PG	-35.99*	6.562	-56.73**	6.157	-9.60	8.858
	HT	26.93*	4.640	40.28**	4.289	29.46*	4.718
	RC	28.82+	12.773	41.53+	10.438	102.13**	15.263
P540	PG	-54.92**	8.400	-67.74**	8.047	-14.55	11.646
	HT	39.41**	5.993	53.84**	5.624	37.71*	6.102
	RC	35.77+	16.201	60.02+	13.454	103.62*	19.280

+Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P<0.15$), *Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P<0.1$), **Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P<0.05$), ***Coeficientes de regresión diferentes de cero ($P<0.01$)

PG: Porcentaje de genes *Bos taurus*, HT: coeficiente de heterocigosidad; RC: pérdidas por recombinación.

Cuadro 22. Estructura completa de componentes de (Co) varianza para las características de crecimiento corporal en una población multirracial en el trópico mexicano

		DIRECTO				MATERNO			
DIRECTO		PN	P205	P365	P540	PN	P205	P365	P540
	PN	10.73	-0.3390	-0.2149	-0.1628	-0.6459	0.1943	0.0930	0.1870
	P205	-34.49	959.20	0.8973	0.7956	0.4664	-0.7833	-0.6866	-0.7146
	P365	-24.10	951.10	1171.00	0.8961	0.2789	-0.6842	-0.7567	-0.7726
	P540	-22.11	1021.00	1271.00	1718.00	0.4459	-0.5073	-0.5976	-0.7087
MATERNO	PN	-5.36	36.61	24.19	46.84	6.42	-0.0803	-0.0797	-0.1551
	P205	16.02	-610.50	-589.20	-529.20	-5.13	633.30	0.9209	0.8792
	P365	7.96	-555.10	-676.00	-646.60	5.28	604.90	681.40	0.9557
	P540	17.12	-618.60	-739.00	-821.00	-10.27	618.30	697.20	781.10

PN: Peso al nacimiento; P205, P365 y P540: Pesos ajustados a los 205, 365 y 540 días, respectivamente.

Cuadro 23. Parámetros genéticos para características de crecimiento corporal en una población multirracial en el trópico mexicano

	h^2_d	e.e.	h^2_m	e.e.
PN	0.311	0.0060	0.186	0.0036
P205	0.786	0.0119	0.519	0.0078
P365	0.608	0.0116	0.354	0.0068
P540	0.612	0.0140	0.292	0.0064

h^2_d : Heredabilidad sobre efectos genéticos directos; h^2_m : Heredabilidad sobre efectos genéticos maternos. PN: Peso al nacimiento; P205, P365 y P540: Pesos ajustados a los 205, 365 y 540 días, respectivamente.

Cuadro 24. Componentes de (Co) varianza, heredabilidad y correlaciones genéticas para características de crecimiento corporal y producción total de leche en una población multirracial en el trópico mexicano

	PTL - 205
σ^2_{SPTL}	43601
σ^2_{SP205}	52.5857
$\sigma_{GP205,PTL}$	299.201
σ^2_{EPTL}	531049
σ^2_{EP205}	690.85
$\sigma_{EP205,PTL}$	1677.38
h^2_{PTL}	0.3035
h^2_{P205}	0.2829
$r_{EP205,PTL}$	0.095 ± 0.041
$r_{GP205,PTL}$	0.198 ± 0.445

σ^2_{SPTL} y σ^2_{SP205} : Varianza genética debida al semental para producción de leche y peso al destete, respectivamente. σ^2_{EPTL} y σ^2_{EP205} : Varianza residual debida al semental para producción de leche y peso al destete, respectivamente. $\sigma_{GP205,PTL}$ y $\sigma_{EP205,PTL}$: Covarianza residual debida al semental y residual entre producción de leche y peso al destete, respectivamente. h^2_{PTL} y h^2_{P205} : Heredabilidad para producción de leche y peso al destete, respectivamente. $r_{GP205,PTL}$ y $r_{EP205,PTL}$: Correlación genética y residual entre producción de leche y peso al destete, respectivamente.

10. REFERENCIAS

1. Abubakar, B.Y., MacDowell, R.E, Wellington, K.E., Van Vleck L.D. 1986. Estimating genetic values for milk productions in the tropics. J. Dairy Sci. 69:1087-1092.
2. Ageeb, A.G., Hayes. 2000. Genetic and environmental effects on the productivity of Holstein-Friesian cattle under the climate conditions of central Sudan. Tropical animal health and production 32:33-49.
3. Alenda, R., Martin, T.G, Lasley, J.F., Eilersieck, M.R. 1980. Estimation of genetic and maternal effects in crossbred cattle of Angus, Charolais and Hereford parentage. I. Birth and weaning weights. Journal of Animal Science. 50:227-234.
4. Alenda, R. Martin, T.G. 1981. Estimation of genetic and maternal effects in crossbred cattle of Angus, Charolais and Hereford parentage. III. Optimal breed composition of crossbred. Journal of Animal Science. 53:347-353.
5. Akbas, Y., Brotherstone, S., Hill W.G. 1993. Animal model estimation of non-additive genetic parameters in dairy cattle, and their effect on heritability estimation and breeding value prediction. Journal of Animal Breeding and Genetic 110:105-113.
6. Arreguin, A.J.A. 1988. Fase de Producción Dentro del Octavo Día del Ganadero del Campo Experimental "Playa Vicente". INIP-SARH. Pp. 27-32.
7. Arthur, P.F., Hernsshaw, H., Stephenson. 1999. Direct and maternal additive and heterosis effects from crossing *Bos indicus* and *Bos tarus* cattle: cow and calf performance in two environments. Livestock Production Science 1999:231-241.
8. Avendaño. L., Zhang, H., Denise, K.S.2000. Nota sobre la heredabilidad de la producción de leche en hatos Holstein en Baja California. Revista Cubana de Ciencia agrícola 34:5-8.

9. Bandinga, L. Collier, R.J., Wilcox, C.J. Thatcher, W.W. 1985. Interrelationships of Milk yield, body weight and reproductive performance. *J. Dairy. Science.* 68:1828-1831.
10. Barradas, L.H.V, Román, P.H., Monroy, A.V. 1979. Comportamiento de becerros de razas lecheras en diferentes sistemas de alojamiento en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 37:29-33.
11. Becerril, O. C.M., Román, P.H. Castillo, R.H. 1981. Comportamiento Productivo de Vacas Holstein, Suizo Pardo y Sus Cruzas con Cebú F1 en Clima Tropical. *Técnica Pecuaria en México.* 40:16-24.
12. Bittencourt, T.C.C, Rocha, J.C.M.C, Lobo, R.B., Becerra, L.F. 2002. Variance components and breeding values for post weaning growth traits of Nellore cattle, from different statistical models. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia* 54:3.
13. Blasco A. 2004. La description del crecimiento. Uni. Politécnica de Valencia. XIV Curso internacional sobre mejora genética animal 4 al 29 de Octubre. Madrid, España.
14. Brotherstone, S., Hill W.G. 1994. Estimation of non-additive genetic parameters for lactations 1 a 4 and survival in Holstein-Friesian dairy cattle. *Livestock Production Science.* 40:115-122.
15. Calderón, R.R.C, Gonzáles, O.A, Toledo, C.F, Rojas, B.E., Herrera, S.J. 1987. III. Fase de desarrollo. Dentro del la quinta demostración del modulo de producción de leche "Sta. Elena" con ganado Suizo Pardo en pastoreo. *Campo Experimental "Las Margaritas"*. Pp. 37-55.
16. Campo Experimental "Balancán". 1986. VIII día del ganadero "Manejo y avances de investigación con ganado bovino de doble propósito. Pp.27-66.
17. De Dios, V.O.O. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Primera Edición. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
18. Demeke, S. Nesor, F.W.C., Schoeman, S.J. 2003a. Variance components and genetic parameters for early growth traits in a mixed population of

purebred *Bos Indicus* and crossbred cattle. *Livestock Production Science* 84:11-21

19. Demeke, S. Nesor, F.W.C., Schoeman, S.J. 2003b. Early growth performance of *Bos taurus* X *Bos indicus* cattle crosses in Ethiopia: Evaluation of different crossbreeding models. *Journal of Animal Breeding and Genetic* 120:39-50.
20. Demeke, S. Nesor, F.W.C., Schoeman, S.J. 2003c. Early growth performance of *Bos taurus* X *Bos indicus* cattle crosses in Ethiopia: Estimation of individual crossbreeding effects. *Journal of Animal Breeding and Genetic* 120:245-257.
21. Dickerson. G.E. 1969. Experimental Approaches in utilising Breed Resources. *Animal Breeding Abstracts*. 37:191-202.
22. Dickerson. G.E. 1973. Inbreed and Heterosis in Animals. In Proc. Of Animal Breeding and Genetic Simp. In honor Dr. Jay Luch. Amer. Soc. Anim. Sci. Champaign. ILL. Pp. 57-77.
23. DGGAN-SAGARPA, 2000a. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000. Disponible en www.sagarpa.gob.mx
24. DGGAN-SAGARPA, 2000b. Situación actual y perspectivas de la producción de carne de ganado bovino en México 1990-1998. Disponible en www.sagarpa.gob.mx
25. Dillard, E.U., Rodríguez, O. Robinson, W.1980. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *Journal of Animal Science*. 50:653-663.
26. Eisen, E.J, Hörstgen-Schawrk, G., Saxton, A.M. Bandy, T.R. 1983. Genetic interpretación and análisis of diallel crosses with animals. *Theoretical and applied genetics*. 65:17-23.
27. Falconer D.S, Mackay T. F.C. 2001. *Introducción a la genética cuantitativa*. Ed. Acriba, España. 469 pp.

28. Fernández, L.J.J., Román, P.H, Padilla, R.F.J, Koppel, R.E.T, Pérez, S.J, Castillo, R.H. 1984. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 5. Efecto de raza, producción láctea y peso corporal sobre los niveles de triyodotironina en dos estaciones del año. *Técnica Pecuaria en México*. 47:78-81.
29. Fimland, E. 1983. Methods of estimating the effects of heterosis. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 100:3-8.
30. Fuerst, C., Sölkner, J. 1994. Additive, and nonadditive genetic variances for milk yield, fertility and lifetime performance traits for dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 77:1114-1125.
31. Galaviz, R.J,R, Trujillo, C.R, Vega, M.V, Juárez, P.F., Herrera, S.J. 1987. Fase de producción dentro de la Quinta Evaluación del Modulo de producción de Leche "Santa Elena". *Campo Experimental "Las Margaritas", INIP-SARH*. Pp. 45-55.
32. García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Copen. Tercera Edición.
33. García, P.M.J., Nava, A.J.J.1999. Factores que afectan la producción total por lactancia del mestizo Holstein – Brahman en condiciones de bosque seco tropical. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, Año 5, Nro. 1, 5-14.
34. Getz, W.R., H.G. Hutchison, M.L. Kyomo, A.M. Macha, D. Mpiri. 1986, Development of a Dual-Purpose cattle composite in the tropics. *Third World Congress on Genetic Applied to Livestock*. Lincoln, Nebraska, USA. XI:493-498.
35. Gilmour, A. R., Gogel, B. J., Cullis, B. R., Welham, S. J., Thompson, R. 2002. *ASReml User Guide Release 1.0* VSN International Ltd, Hemel Hempstead HP11 ES, UK. p. 267.
36. Gleaves, O.G, Rosete, F.J.V., Olazaran, J.S. 1989. Fase de producción dentro de la Tercera Evaluación del Modulo de Doble Propósito "La Doña". *Campo Experimental "Las Margaritas", INIP-SARH*. Pp. 32-42.

37. Gregory, K.E., Swinger, L.A., Koch, R.M., Sumption, L.J., Rowden, W.W., Ingalls, J.E. 1965. Heterosis in preweaning traits of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 24:21-28.
38. Groeneveld, E. Mostert, B.E., Rust T. 1998. The covariance structure of growth traits in the Afrikaner beef population. *Livestock Production Science* 55:99-107.
39. Guzmán, C.T. 1985. Crianza y desarrollo de becerros de Doble Propósito dentro del Primer Día del Ganadero del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Oaxaca, AC. Pp. 35-40.
40. Guzmán, C.T. 1985. Manejo Reproductivo de un Hato de Doble Propósito dentro del Primer Día del Ganadero del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Oaxaca, AC. Pp. 51-62.
41. Hernández, H.V.D. 1988. Fase de Crianza dentro del VIII Día del Ganadero Campo Experimental "Playa Vicente". Pp. 19-32.
42. Henderson, C.R. 1984. Applications of linear models in animal breeding. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. P423.
43. Hill, W.G. 1982. Dominance and epistasis as components of heterosis. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 99:161-168.
44. Hirooka, H., Groen, A.F., Juluis, H.J, Van der Werf. 1998. Estimation of additive and non-additive genetic parameters for carcass traits on bulls in dairy, dual purpose and beef cattle breeds. *Livestock production science*. 54:99-105.
45. Hofer A. 1998 Variance component estimation in animal breeding: a review. *J. Anim. Breed. Genet*. 115:247-265.
46. Kahi, A.K, Thorpe, W., Nitter, G., Baker, R.L. 2000. Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya. I. Estimation of individual crossbreeding effects on milk production and reproductive traits and on cow live weight. *Livestock production science*. 63:39-54.
47. Kinghorn, B. 1982. Genetic effects in crossbreeding. Model of merit. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 99:59-68.

48. Kinghorn, B. 1982. Genetic effects in crossbreeding. Multibreed selection indices. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 99:315-320
49. Kinghorn, B. 1983. Genetic effects in crossbreeding. Epistatic loss in crossbred mice. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*. 100:209-222.
50. Koch, R.M., Dickerson, G.E., Cundiff, L.V., Gregory, K.E. 1985. Heterosis in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*. 60:1117-1132.
51. Koppel R.E.T, Ortiz, O.G.A., Ávila, D.A., Lagunes, L.J., Castañeda, M.O.G., López, G.I., Aguilar, B.U., Román, P.H, Villagomez, C.J.A., Aguilera, S.R., Quiroz, V.J., Calderón, R.C.C., 2002. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. INIFAP-CIRGOC. Libro técnico Num. 5. Segunda Edición. Veracruz. México. 161p.
52. Komender, P., Hoeschele, I. 1989. Use of Mixed-Model methodology to improve estimation of crossbreeding parameters. *Livestock Production Science*. 21:01-113
53. Künzi, N., Krof W. 1986. Genetic improvement for milk and meat production in the tropic. Third World Congress on Genetic Applied to Livestock. Lincoln, Nebraska, USA. IX:165-176
54. Lee, A.J., Boichard, A., McAllister, A.J., Lin, C.Y., Nadarajah, K., Batra, T.R., Roy, G.L. y Vesely. 1992. Genetics of growth feed intake and milk yield in Holstein Cattle. *Journal of Dairy Science*. 75:3145-3154.
55. Lee, C., Pollack, E.J. 2002. Genetic antagonism between body weight and milk production in beef cattle. *Journal of animal Science*. 80:316-321
56. Liinamo, A.E., Ojala, M., Van Arendonk, J. 2001. Genetic relationship of meat and milk production in Finnish Ayrshire. *Livestock Production Science*. 69:1-8.
57. López, D. Ribas, M. 1993. Formación de nuevas razas lecheras. Resultados en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 27:1-10.

58. Hewetson, R.W, Thompson B.J., Clarke, R.H., Donegan, S.M., Franklin, I.R. 1986, The AMZ program – A dairy a breeding program for the tropic. Third World Congress on Genetic Applied to Livestock. Lincoln, Nebraska, USA. XI: 544-547.
59. Madalena, F.E.1989. Cattle breed resource utilization for dairy production in Brazil. Rev. Brasil. Genet. 12,3 Supplement, 183:220.
60. Madalena, F.E., Lemos, A.M., Teodoro, R.L., Barbosa, R.T., Monteiro, J.B.N. 1990. Journal of Dairy Science. 73:1873-1886.
61. Manríquez, M. Y., Román, P.H., Hernández, L.J.J., Padilla, R.F.J, Castillo, R.H.1983. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 2. Características reproductivas de vaquillas Holstein y Suizo Pardo hasta su primera lactancia. Técnica Pecuaria en México. 45:31-35
62. Martínez, F. Quejiero, M., Guimond, H.. 1986. Ganadería Lechera en el Tropico Humedo en México “Experiencia de una década en la Chontalpa”. Nestle de México, SA de CV. Pp. 95.
63. Matika, O, Van Wyk, J.B, Erasmus, Baker, R.L. 2003. Genetic parameter estimates in Sabi Sheep. Livestock Production Science 79:17-28.
64. Mavrogenis, A.P., Papachristoforou. 2000. Genetic and phenotypic relationships between milk production and body weight in Chios sheep and Damascus goats. Livestock Production Science. 67:81-87.
65. McDowell, R.E., Wilk, J.C., C.W. Talbott, C.W. 1996. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. Journal of Dairy Science. 79:1292-1303.
66. Memoria del Octavo Día del Ganadero en el Campo Experimental Pecuario Balancán. 1985. INIP-SARH. Pp.49-66.
67. Meyer, K. Carric, M.J. Donnelly, B.J.P. 1994. Genetic parameters for milk productions of Australian beef cows and weaning weight of their calves. Journal of Animal Science 72:115-1165.

68. Miller, S.P., Wilton, J.W. 1999. Genetic relationship among direct and maternal components of milk yield and maternal weaning gain in a multibreed beef herd. *Journal of Animal Science* 77:1155-1161.
69. Montaldo, H. 2004. Cálculo y uso de pesos económicos en mejoramiento genético de caprinos para la producción de carne. XIX Reunión Nacional Sobre Caprinocultura. 13-15 de octubre de 2004. Acapulco, Gro.:104-113.
70. Ortiz, O. G., Robles, B. C. 1983 Comportamiento en un Hato de Vacas Suizo Pardo en Pastoreo en Clima Tropical Húmedo Af(C) *Técnica Pecuaria en México*. 44:69-71.
71. Padilla, R.F.J, Román, P.H. 1982. Crecimiento de vaquillas de la raza Holstein y Suizo Pardo bajo dos niveles de alimentación en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México*. Supl. 8:24-30.
72. Palomo, G.C, Villagomez, A.E, Cuevas, H.O, Ortiz, G.A. 1986. Modulo de doble propósito: Avances en su implementación. VI Día del ganadero Campo Experimental Pecuario "Playa Vicente". Pp.73-81.
73. Peña, M.E., Urdaneta, F., Arteaga, G., Casanova, A. 1997. Caracterización del recurso animal en sistemas de ganadería bovina de doble propósito. *Rev. Fac. Agrom. (LUZ)*. 14:573-587.
74. Portugal, G.A., Garza, T.R., De León, G.R., Molina, Z.I. 1981. Avances en la Investigación en Producción de Leche en Pastoreo en el Trópico de México. *Técnica Pecuaria en México*. Sup. 7 52-60.
75. Rao, V. P., Taneja, V. K. 1986. Genetic variability and sire X mating system interaction for milk yield in Holstein-Sahiwal crosses. *Third World Congress on Genetic Applied to Livestock*. Lincoln, Nebraska, USA. Pp. IX:115-118.
76. Rodriguez-Almeida, F.A., Van Vleck, L.D., Willham, R.L., Northcutt, S.L. 1995. Estimation of Non-additive genetic variances in three synthetic lines of beef cattle using an animal model. *Journal Animal Science*. 73:1002-1011.
77. Rodriguez-Almeida, F.A., Van Vleck, L.D., Gregory, K.E.1997. Estimation of direct and maternal breed effects for prediction of expected progeny

- differences for birth weight and weaning weights in three multibreed population. *Journal Animal Science*. 75:1203-1212.
78. Rodríguez, G.F. 1981. Ganado Lechero en el Trópico. Tercer Día del Ganadero. Campo Experimental "La Posta". INIP. Pp. 27-29.
79. Román, P.H., Barradas, L. H., Rodríguez, G.F. 1978. Resultados de Investigación en alimentación de Ganado Productor de Leche en el Trópico. XIV Reunión Anual Sección Trópico. Pp. 50-62.
80. Román, P.H., Román, P.C. 1981. Producción de Leche en un Sistema Extensivo Tradicional en Clima Tropical. *Técnica Pecuaria en México*. 40:7-15.
81. Román, P.H., Hernández, L.J.J., Castillo, R.H. 1983. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 1. Características reproductivas de vacas Holstein y Suizo Pardo. *Técnica Pecuaria en México*. 45:21-30
82. Román, P.H. 1986. Comportamiento Producido de diferentes Razas de Vacas Lecheras en el Trópico dentro del Cuarto día del Ganadero del Campo Experimental Pecuario de Tizimín. INIP-SARH. Pp.91-97.
83. Roso, V.M, Schenkel, F.S, Millar, S.P., Wilton, J.W. 2005a. Additive, dominance and epistatic loss effects on preweaning weights gain of crossbred beef cattle from different *Bos Taurus* breeds. *Journal of Animal Science* 83:1780-1787.
84. Roso, V.M, Schenkel, F.S, Millar, S.P., Wilton, J.W. 2005b. Estimation of genetic effects in the presence of multicollinearity in multibreed beef cattle evaluation. *Journal of Animal Science* 83:1788-1800.
85. Ruiz F. A., Sagarnaga, V.M.L., Mariscal, A. V, Estrella, Q. H, González, A. M, Juárez, Z, A. 2004. Impacto del TLCAN en la cadena de valor de Bovinos para carne. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
86. Treviño, T.R., Garza, T. R, Monroy, L.M., González, P.M.A. 1981. Producción de Leche en Pastoreo rotacional Intensivo y semi-intensivo de

vacas suizo pardo, Holstein y cruce de Holstein X Cebú. Técnica pecuaria en México. Sup. 7 15-19.

87. Schaeffer, L.R. 1993. Variance component estimation methods. University of Guelph. Guelph, Ontario. Julio 1993. Pp 115.
88. Seré, C. 1983. Classification of milk production systems in tropical South America: a first Approximation. Tropical Animal Production. 8:99-110.
89. Sheridan, A.K. 1981. Crossbreeding and heterosis. Animal Breeding Abstracts. 49:131-144.
90. SIACON, 2003. Anuario estadístico de la producción agrícola. SIACON-CEA-SIAP-SAGARPA. CD interactivo.
91. Taneja, V.K., Bhat, P.N. 1986. Milk and beef production in tropical environments. Third World Congress on Genetic Applied to Livestock. Lincoln, Nebraska, USA. Pp. IX:73-91.
92. Tosh, J.J., Kemp, R.A., Ward, D.R. 1999. Estimates of direct and maternal genetic parameters for weights and backfat thickness in a multibreed population of beef cattle. Canadian Journal of Animal Science 79:433-439.
93. Vacaro, L. 1984. The comparative performance of Holstein Friesian and brown Swiss breeds in crosses with tropical cattle: A review of the literature. Tropical Animal Production. 9:86-94.
94. Van Der Werf, J. H. J., De Boer, W. 1989a. Influence of nonadditive effects on estimation of genetic parameters in Dairy cattle. Journal of Dairy Science 72:2606-2614.
95. Van Der Werf, J. H. J., De Boer, W. 1989b. Estimation of genetic parameters in a crossbred population of black and white cattle. Journal of Dairy Science 72:2615-2623.
96. Van Vleck L.D, Pollack, E.J., Oltenacu B.E.A. 1987. Genetics for animal sciences. Ed. Freeman. New Cork. 391 pp.
97. Vega, M.V.E, Gonzáles, O.A., Peraza, L.I.J., Palacios, L.A. 1989. Fase de desarrollo dentro de la tercera evaluación del modulo de doble propósito "La

- Doña” con ganado Suizo Pardo, Suizo Pardo X Cebú, Holstein X Cebú y Simmental X Cebú, en pastoreo rotacional. CE “Las Margaritas”. Pp. 27-42.
98. Villegas, C.M.C., Román, P.H. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Técnica Pecuaria en México*.51:51-61.
99. Wall, E., Brotherstone, S., Kearney, J.F, Woolliams, J.A., Coffey, M.P. 2005. Impact of nonadditive genetics effects in the estimation of breeding values for fertility and correlated traits. *Journal of Dairy Science*. 88:376-385.
100. Willham, R.L, 1970. Beef Cattle –symposium-Crossbreeding for beef, now and in the future. *Genetic Consequences of crossbreeding. Journal of Animal Science*. 30:690-693
101. Willham, R.L., Pollack, E. 1985. Symposium: Heterosis and crossbreeding. *Theory of heterosis. Journal of Dairy Science*. 68:2411-2417.