



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LA POBLACIÓN DE GANADO SUIZO AMERICANO EN MÉXICO**

**JAIME DORANTES JIMÉNEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2013**

---

La presente tesis titulada: **CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LA POBLACIÓN DE GANADO SUIZO AMERICANO EN MÉXICO**, realizada por el alumno **JAIME DORANTES JIMÉNEZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ GUADALUPE HERRERA HARO**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. HUMBERTO VAQUERA HUERTA**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOEL DOMÍNGUEZ VIVEROS**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. CLEMENTE LEMUS FLORES**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2013.

# CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LA POBLACIÓN DE GANADO SUIZO AMERICANO EN MEXICO

Jaime Dorantes Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2013

## RESUMEN GENERAL

Con base en la información productiva y genealógica de la base de datos de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro, se realizó un estudio en ganado Suizo Americano en México, cuyos objetivos fueron: estimar y analizar las tendencias genéticas y fenotípicas en producción de leche (Pleche), determinar la existencia de interacción genotipo por ambiente en dos regiones del trópico y estimar parámetros genéticos para características de tipo. Se utilizó un análisis estadístico univariado y bivariado usando la metodología del Modelo Animal con el programa MTDFREML. Los resultados mostraron que la ganancia genética y fenotípica anual en Pleche fue de  $4.41 \pm 0.24$  kg ( $P < 0.05$ ) y  $114.93$  kg año<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ) en el período 1990-2012. El coeficiente de correlación ( $r_g$ ) entre regiones fue de 0.10 ( $P < 0.05$ ) y entre valores predichos de  $r_g = 0.21$ , valores menores a  $r_g = 0.8$ , considerados como evidencia de interacción genotipo por ambiente. Además, se encontró una frecuencia de coincidencia de 0.30 entre los 20 mejores sementales de la población analizada. Las heredabilidades de las características corporales oscilaron entre 0.13 a 0.30; las de ubre entre 0.08 a 0.34 y movilidad de 0.11 a 0.23, es decir, estas estimaciones para características de tipo fueron en general de bajas a moderadas. Las tendencias genéticas para producción de leche en la población de ganado Suizo Americano, mostraron un progreso genético positivo a través de los años de evaluación, aunque esta mejora probablemente este también influenciada por factores no genéticos. Se concluye, que las diferencias en magnitud de las varianzas y correlaciones genéticas entre regiones, deben tomarse en cuenta en los programas de mejora genética de esta población.

**Palabras clave:** Suizo Americano, tendencias genéticas, interacción, tipo

# GENETIC CHARACTERIZATION OF THE POPULATION BROWN SWISS CATTLE IN MEXICO

## ABSTRACT

Based on the production and genealogical information database of the Mexican Association of Swiss Cattle Breeders Registry, a study was made in Brown Swiss cattle, whose objectives were to estimate and analyze the phenotypic and genetic trends in milk production, determine the existence of genotype by environment interaction in two regions of the tropics and to estimate genetic parameters for type traits. Was used univariate and bivariate statistical analysis, using the methodology of Animal Model with MTDFREML program. The results showed that the annual genetic gain and phenotypic into milk production was  $4.41 \pm 0.24$  kg ( $P < 0.05$ ) and  $114.93$  kg  $y^{-1}$  ( $P < 0.05$ ) in the period 1990-2012. The coefficient of correlation ( $r_g$ ) between regions was 0.10 ( $P < 0.05$ ) and between predicted values of  $r_g = 0.21$ ,  $r_g =$  values less than 0.8, considered as evidence of genotype by environment interaction. Also, it was found a frequency of coincidence of 0.30 in the top 20 sires, of the studied population. The heritabilities of bodily characteristics, ranged from 0.13 to 0.30, the udder between 0.08 to 0.34 and mobility from 0.11 to 0.23; these estimates for type traits were low to moderate. Genetic trends for milk yield in Brown Swiss cattle population, showed a positive genetic progress through the years of evaluation, although the improvement, probably this also influenced by non-genetic factors. It is concluded that the differences in magnitude of the variances and genetic correlations between regions should be considered in genetic improvement programs of this population.

**Keywords:** Brown Swiss, genetic trends, interaction, type

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados y al Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, especialmente a Ganadería por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios en mi formación Doctoral.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado durante mis estudios.

A la línea 11 de investigación: Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Pesquera.

A la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro, por todas las facilidades brindadas para poder desarrollar mi proyecto de investigación, permitiendo el uso de su base de datos.

Al Dr. José Guadalupe Herrera Haro, por el apoyo incondicional durante toda la etapa de mis estudios y acertada dirección de la presente investigación, por sus enseñanzas que sin duda alguna serán de mucha utilidad en el desarrollo del ejercicio profesional.

A los Doctores: Alfonso Hernández Garay, Humberto Vaquera Huerta, Joel Domínguez Viveros, Clemente Lemus Flores, todos ellos integrantes de mi Consejo, por su aporte e ideas, pero sobre todo por las enseñanzas que me han dejado, ya que son dignos de mi admiración y respeto por todo el trabajo de investigación y docencia que desarrollan.

Al M. C. Luis Antonio Saavedra Jiménez por su apoyo y asesoría durante la etapa de análisis de datos.

A mis compañeros y amigos de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro.

Sin duda alguna recibe una mención especial todos los criadores de ganado suizo de registro que han creído en el programa de evaluaciones genéticas quienes amablemente han aportado la información.

Al CP. Sergio Jaime Hernández García, quien me dio la oportunidad de entrar al maravilloso y apasionante mundo del ganado suizo, por su gran visión de desarrollo que tiene sobre la ganadería de registro, quien impulso y respaldo todas las acciones para crear y consolidar el programa de evaluaciones genéticas.

Al Profr. Héctor Pineda Velázquez, quien como presidente del Consejo Directivo, me dio todo su apoyo en la realización de mis estudios.

A todos ellos **GRACIAS.**

## DEDICATORIA

**Con todo mi cariño y amor para la gran familia que hemos formado: mi esposa Flor y mis hijas Vanesa y Valeria, y mi pequeño Jaime Julián. Los amo.**

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
<b>OBJETIVOS</b> .....	4
<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
1.1. Origen y distribución del ganado Suizo Americano.....	5
1.2. Población de ganado.....	5
1.3. Descripción de la raza.....	6
1.4. Producción y composición de la leche.....	8
1.5. Evaluaciones genéticas.....	8
1.6. Valor genético.....	9
1.6.1. Habilidad de Transmisión Predicha (HTP).....	9
1.6.2. Exactitud.....	10
1.6.3. Base genética.....	11
1.6.4. Tendencias genéticas.....	12
1.7. Interacción Genotipo por Ambiente (IGA).....	12
1.7.1. Formas de estimar IGA.....	14
1.7.2. Interacción genotipo por ambiente en México.....	15
1.8. Principales metodologías usadas en las evaluaciones genéticas.....	16
1.8.1. Modelo del semental.....	17
1.8.2. Modelo animal.....	17
1.8.3. Modelo animal con repeticiones.....	19
1.8.4. Modelo animal multivariado.....	20
1.8.5. Efectos a incluir en los modelos.....	22
1.8.5.1. Efectos fijos.....	22
1.8.5.2. Efectos genéticos aleatorios.....	22
1.8.5.3. Efectos aleatorios no-genéticos.....	23
1.9. Evaluación lineal en ganado lechero.....	23
1.9.1. Importancia de las características de tipo en la longevidad.....	25
1.9.2. Características de conformación.....	26
1.9.3. Descripción de las principales características de tipo en la raza Suizo Americano.....	27
1.9.3.1. Fortaleza y estructura (15 %)......	27
1.9.3.2. Carácter lechero (20 %)......	28
1.9.3.3. Grupa (10%).....	29



1.9.3.4. Movilidad (patas y pezuñas) 15% .....	29
1.9.3.5. Sistema mamario (40%).....	30
1.9.3.6. Puntuación final .....	31
1.10. LITERATURA CITADA.....	33
<b>CAPITULO II. ESTIMACIÓN Y ANALISIS DE LAS TENDENCIAS GENETICAS PARA PRODUCCION DE LECHE EN LA POBLACION DE GANADO SUIZO AMERICANO EN MÉXICO .....</b>	<b>42</b>
2.1. RESUMEN .....	42
2.2. ABSTRACT .....	43
2.3. INTRODUCCIÓN .....	44
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	45
2.4.1. Origen de la Información.....	45
2.4.2. Características de la Información.....	45
2.4.3. Procedimiento de análisis de la información .....	46
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
2.6. CONCLUSIONES.....	51
2.7. REFERENCIAS.....	52
<b>CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE LA EXISTENCIA DE INTERACCIÓN GENOTIPO POR AMBIENTE PARA PRODUCCIÓN DE LECHE EN GANADO SUIZO AMERICANO EN DOS REGIONES DE MÉXICO .....</b>	<b>55</b>
3.1. RESUMEN .....	55
3.2. ABSTRACT .....	56
3.3. INTRODUCCIÓN .....	57
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	58
3.4.1. Origen de la información .....	58
3.4.2. Características de la Información.....	58
3.4.3. Procedimiento de análisis de la información .....	59
3.4.4. Criterios para evaluar la interacción genotipo por ambiente .....	61
3.4.4.1. Correlación genética en el análisis bivariado.....	61
3.4.4.2. Correlaciones entre los valores genéticos .....	61

3.4.4.3. Coincidencia entre los sementales con valores genéticos superiores.....	62
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
3.5.1. Correlación genética .....	62
3.5.2. Correlación entre valores genéticos predichos .....	64
3.5.3. Coincidencia entre los valores genéticos de los mejores sementales .....	67
3.6. CONCLUSIONES.....	67
3.7. REFERENCIAS.....	68
<b>CAPITULO IV. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE TIPO EN GANADO SUIZO AMERICANO EN MÉXICO.....</b>	<b>71</b>
4.1. RESUMEN .....	71
4.2. ABSTRACT .....	72
4.3. INTRODUCCIÓN .....	73
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	74
4.4.1. Características de la información.....	74
4.4.2. Procedimiento de análisis de la información .....	75
4.5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	76
4.5.1. Heredabilidad de las características .....	78
4.5.2. Correlaciones genéticas y fenotípicas.....	80
4.6. CONCLUSIONES.....	84
4.7. REFERENCIAS.....	85
<b>CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Sementales comercializados en México en el programa de mejoramiento genético (1992 a 2007), según raza.....	3
Cuadro 1.1. Características más comunes utilizadas en los programas de calificación por tipo en bovinos lecheros.....	27
<b>Cuadro 2.1.</b> Características generales de la variable producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano en México.....	46
Cuadro 3.1. Estadísticos descriptivos de la variable producción de leche en ganado Suizo Americano en dos regiones de México. ....	59
Cuadro 3.2. Estimadores de varianza para efectos genéticos directos, permanentes y residuales; heredabilidades directas y correlación genética, estimados para producción de leche ajustada a 210, en ganado Suizo Americano en México.....	64
Cuadro 3.3. Correlación de Pearson y rango de Spearman entre los valores genéticos predichos para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano en México.....	65
Cuadro 4.1. Medias y desviaciones estándar de los rasgos de conformación en ganado Suizo Americano en México.....	77
Cuadro 4.2. Varianzas genéticas y residuales, heredabilidad estimadas de los rasgos de tipo en ganado Suizo Americano en México.....	79
Cuadro 4.3. Correlaciones genéticas (arriba de la diagonal) y correlaciones fenotípicas (debajo de la diagonal) entre los rasgos de tipo lineal en ganado Suizo Americano en México.....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Características fenotípicas de la raza Suizo Americano en México. ....	7
Figura 1.2. Tipos de interacciones genotipo por ambiente a) cambio en el orden de posición sin cambio en la varianza; b) cambio en el posición, cambio en la varianza; c) cambio en el orden de posición, cambio en la varianza (Bowman, 1972). 13	
Figura 1.3. Regiones anatómicas importantes en la evaluación de tipo en la raza Suizo Americano. <b>a)</b> fortaleza y estructura, <b>b)</b> carácter lechero (buena apertura de costillas, cruz y cuello libres de grasa, huesos planos de las patas y libres de grasa), <b>c)</b> grupa (ancha y nivelada) <b>d)</b> movilidad (patas y pezuñas) y <b>e)</b> Sistema mamario. ....	32
Figura 2.1. Tendencias genéticas de los valores genéticos predichos para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano en México. ....	49
<b>Figura 2.2.</b> Tendencias fenotípicas para producción de leche ajustada a 210 días, en ganado Suizo Americano en México. ....	49
Figura 3.1. Valores genéticos predichos de cinco sementales (seleccionados aleatoriamente) con progenie en la región climática trópico húmedo, para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano. ....	66
Figura 3.2. Valores genéticos predichos de cinco sementales (seleccionados aleatoriamente) con progenie en la región climática trópico seco para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano. ....	66

## INTRODUCCIÓN GENERAL

México cuenta con cerca de 197 millones de hectáreas, bajo un mosaico de regiones ecológicas que le dan la principal característica a su ganadería; esto es, una gran biodiversidad de sus recursos genéticos. De la extensión del territorio nacional, aproximadamente 25% es árido, 20% semiárido, 23% es templado, 15% trópico seco y 12% trópico húmedo del cual la ganadería constituye el principal uso del suelo en el país, desarrollándose en una superficie de 113.8 millones de hectáreas, lo que representa el 58% del territorio nacional (SAGARPA, 2001).

El potencial de contribución del ganado Suizo Americano en México es alto, ya que se encuentra en todas las regiones agroecológicas (Chin Colli *et al.*, 2012). Datos de la AMCGSR (2013) menciona que esta raza bovina se cría en 28 estados del país y en los últimos diez años la Asociación ha registrado 15,000 hembras, los estados con mayor número de animales son los ubicados en las regiones tropicales.

Con la creación del programa nacional de los recursos genéticos pecuarios en 1998, las dependencias federales, estatales, instituciones de educación superior e investigación y organizaciones de productores, reconocen la importancia de los recursos genéticos pecuarios, como un componente esencial para mejorar la eficiencia productiva (CONARGEN, 1998).

En México las evaluaciones genéticas del ganado Suizo Americano se inician en el año 2004, con la implementación del programa de control de producción, el cual se ha consolidado con el material genético proveniente de Estados Unidos principalmente mediante importaciones periódicas de semen, embriones y en menor proporción animales en pie, cuyas evaluaciones genéticas se han realizado en el país de origen. La disposición de este material incorporado a programas de mejoramiento genético, han impactado de manera positiva en la población nacional de este ganado. Sin embargo, la presencia de posibles interacciones del genotipo por ambiente pueden

estar reduciendo los beneficios potenciales de esta estrategia, basada en la importación de germoplasma con mérito genético superior, es decir, la respuesta a la selección puede ser diferente a la esperada en los diversos ambientes del país. Por ello, la evaluación de la población de reproductores en las condiciones en que estos se desarrollan y producen, evita o disminuye la dependencia tecnológica y económica y se pueden incorporar objetivos de mejora acordes con los sistemas de producción del país (Cienfuegos-Rivas *et al.*, 1999; Montaldo *et al.*, 2009).

Basado en lo anterior, es de reconocer la importancia del fortalecimiento del programa de evaluaciones genéticas para estimar la calidad del ganado Suizo Americano y de esta manera hacer una mejor elección de los animales de reemplazo en los hatos; realizar un diseño efectivo de programas de mejoramiento tanto para los hatos de registro, como para hatos comerciales, generando una mayor productividad y rentabilidad de las unidades de producción y contribuyendo de esta manera con el desarrollo de la ganadería nacional.

El objetivo del presente estudio es analizar las tendencias genéticas y fenotípicas en producción de leche, del ganado Suizo Americano en México durante la última década; determinar la posible interacción genotipo por ambiente en las dos principales regiones tropicales del país donde se cría, así como estimar los parámetros genéticos (heredabilidad y correlaciones genéticas) en características de tipo, susceptibles de ser incorporadas en el sistema de evaluación genética de la raza.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La evaluación genética de las poblaciones bovinas, es una actividad sustantiva que apoya la decisión de los productores sobre que animales reproducir, con el fin de mejorar el comportamiento productivo de sus hatos. Se debe tener claro, que las técnicas de inseminación artificial y transferencia de embriones tienen alcances limitados, si la identificación de los sementales y vientres a reproducir masivamente no

se basa en criterios objetivos, que garanticen que solo los animales de mejor calidad genética dejen progenie (Legates y Warwick, 1992).

De acuerdo a (SAGARPA-CGG, 2013) dentro del programa de mejoramiento genético llevado a cabo en México, en el periodo comprendido de 1992 a 2007, fueron comercializados 208,708 sementales bovinos de 42 diferentes razas, siendo siete de ellas con la mayor demanda, en orden de importancia: Charolais, Brahman, Beefmaster, Suizo Europeo, Suizo Americano y Simmental, perteneciendo a estas razas, el 70.53% del total de los animales vendidos (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Sementales comercializados en México en el programa de mejoramiento genético (1992 a 2007), según raza.

Raza	Número	Porcentaje total (%)	Promedio anual
Charolais	34,502	16.53	2,156.38
Brahman	34,180	16.38	2,136.25
Beefmaster	23,861	11.43	1,491.31
Suizo Europeo	19,238	9.22	1,202.38
Suizo Americano	18,893	9.05	1,180.81
Simmental	16,527	7.92	1,032.94

Fuente: SAGARPA-CGG, 2013.

La importancia y el aporte que el ganado suizo americano ha dado al mejoramiento de la ganadería nacional ha sido importante, de tal manera que la demanda se ha incrementado en los últimos años, tanto en las regiones templadas como en el trópico, reflejado en el volumen y calidad de la leche producida, con alto contenido de proteína y grasa (AMCGSR-UACH (2012). Ante ello es necesario que los criadores implementen programas de mejora genética ordenados, utilizando los valores genéticos de sus animales como criterios de selección, lo que permitirá maximizar la probabilidad de que los machos y hembras seleccionados como reemplazos incrementen el rendimiento en producción de leche.

## **OBJETIVOS**

- Estimar las tendencias genéticas y fenotípicas para producción de leche en la población de Ganado Suizo Americano en México
- Determinar la existencia de Interacción Genotipo x Ambiente en dos regiones de México.
- Estimar heredabilidad y las correlaciones genéticas de tipo, susceptibles de ser utilizados en el sistema evaluación genética del ganado Suizo Americano en México.



## **CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1. Origen y distribución del ganado Suizo Americano**

El ganado Pardo Suizo o Braunvieh es originario de los Alpes Suizos y se cree que es una de las razas de carne más antiguas del mundo, históricamente se desarrolló como una raza de doble propósito (BSCBA-USA, 2013). Entre 1869 y 1880 se importaron a Estados Unidos alrededor de 130 cabezas de ganado provenientes de Suiza, las cuales se seleccionaron únicamente por producción de leche para formar la raza conocida como Pardo Suizo Lechero ó Suizo Americano ó Brown Swiss, registrada como raza lechera en 1906 y considerada diferente a la raza Braunvieh que le dio origen (Briggs y Briggs, 1980).

Esta raza bovina Suizo Americano se empezó a diseminar en el mundo entero, incluyendo Suiza (Chinchilla, 2009). Con el propósito de incrementar la producción de leche, a finales de 1960 criadores de Suiza introdujeron reproductores Suizo Americano a sus hatos Braunvieh originales. Como resultado de lo anterior, la mayoría de los hatos con este ganado, tanto en Suiza como en otros países europeos, están emparentados con los bovinos Suizo Americano. Actualmente en Suiza, muchos criadores de ganado Braunvieh, son criadores también de Suizo Americano, y aparean sus vacas con sementales Braunvieh originales, para lograr incorporar rasgos muy importantes, propios de la raza, que se perdieron en la selección por 100% leche y que actualmente son muy importantes en la rentabilidad de las empresas lecheras (Chinchilla, 2009).

### **1.2. Población de ganado**

La población de ganado Suizo Americano en la actualidad es de 2,134,000 localizados en 19 países, de los cuales 530,000 son vacas bajo control de producción. Suiza tiene

la mayor proporción de este ganado (33%), seguido de Rumanía (25%), Italia (20%) y Austria (7.3%). La mayoría de los países cuenta con al menos 5% de la población en programas de evaluación de producción. Suiza es el país líder con 520,000 cabezas, seguido por Italia, con 473,100, Alemania con 453,000, Rumania con 278,794 y Austria con 150, 363. Existen grandes poblaciones también en América del Sur, Europa del Este y Turquía. En países como Rusia, Kazajstán, Uzbekistán y Kirguistán, en particular, hay muchos animales Suizo Americano, pero son identificados con nombre diferente, cuya evaluación es casi inexistente. En general se estima que existen más de 6 millones de animales. Los mayores rendimientos promedio en leche lo tiene EE.UU., con 10,291 kg, aunque muchos países han superado los 7,000 kg por lactancia. Cada año, más de 300 toros jóvenes son evaluados en los programas oficiales de mejoramiento. En los países con programas de pruebas de progenie organizados, se realizan rutinariamente evaluaciones genómicas. El ganado Suizo Americano es la única raza que ha reunido datos de los países europeos y Estados Unidos en Interbull para aumentar la confiabilidad de los valores genómicos (Zemp, 2012).

En México, la raza Suizo Americano se cría principalmente en el trópico, en la región golfo y en el sureste en donde es muy apreciado por sus características de adaptabilidad y producción de leche (García, 2002). Según reporte de la AMCGSR (2013) en los últimos diez años se han registrado 15,000 hembras de la raza Suizo Americano, distribuidos principalmente en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Chiapas, y Guerrero.

### **1.3. Descripción de la raza**

El ganado Suizo Americano se caracteriza por ser de talla mediana, su capa es de un solo color café-gris, pero varía en tono, pudiéndose encontrar animales de tonalidades claras gris cremosas, la cabeza es ancha y la cara moderadamente larga, la espalda es

amplia y la línea dorsal recta, el pecho es profundo con costillas bien arqueadas y los cuartos traseros bien desarrollados. El pelo es corto, suave y fino. Las patas son algo cortas y las pezuñas negras; su estructura ósea es angulosa, cuello fino y largo, ubres amplias con ligamentos fuertes, pezones de tamaño y forma deseables, cuerpo con menor cobertura muscular manteniendo su fortaleza y gran facilidad en su desplazamiento, debido a sus excelentes aplomos (AMCGSR, 2007).



**Figura 1.1.** Características fenotípicas de la raza Suizo Americano en México.

Esta raza conserva las bondades del Braunvieh original, como son patas y pezuñas fuertes, lo que permite que sea resistente a los problemas que ocasionan las condiciones de los suelos húmedos tropicales; es muy tolerante al calor por el pelaje que presenta y por la excelente pigmentación oscura de los ojos y hocico; es resistente a enfermedades como mastitis, por haber sido desarrollada en condiciones de climas extremos y sistemas de producción en pastoreo en zonas altas (Chinchilla, 2009).

Son animales con temperamento dócil y muy longevos, lo que ayuda a disminuir la necesidad de reemplazos (Chinchilla, 2009); se han presentado casos de vacas en producción con más de 15 años de edad; además de manifestar un porcentaje de preñez alto y tener facilidad al parto; en la etapa adulta los animales son fuertes y de

buen peso, las vacas llegan a pesar de 600 a 750 kg y de 950 a 1000 kg los toros (García, 2002).

#### **1.4. Producción y composición de la leche**

El Suizo Americano es considerado cien por ciento lechero, es la segunda raza más productiva de leche en el mundo, en promedio contiene 4.04% grasa, 3.36% proteína y 5% lactosa (BSCBA-USA, 2013). Chinchilla (2009) menciona que esta raza es una excelente productora de leche, registrando en la tercera lactancia una producción de 6,500 kg, mientras que Zemp (2012) menciona que los mayores rendimientos en leche se obtienen en estado Unidos de América con un promedio de 22, 688 lb equivalente a 10,291 kg, aunque muchos países han superado los 7,000 kg; en regiones tropicales se reportan producciones de 3,200 a 4,000 kg de leche, el promedio de producción en México no es comparable con explotaciones intensivas de los Estados Unidos de América u otros países, ya que en México las explotaciones no son intensivas, y la alimentación está basada en forrajes nativos y/o mejorados principalmente. Alfonso *et al.* (2011) en un estudio reporta producciones de 3,118 kg por lactancia ajustada a 305 días, en la región de la Frailesca en el estado de Chiapas; a nivel nacional se reportan un promedio de 3,221 kg por lactancia ajustada a 210 días AMCGSR-UACH (2012).

#### **1.5. Evaluaciones genéticas**

Un programa nacional de evaluación genética es aquel que permite hacer comparaciones genéticas de animales entre sí dentro de un país, cuya información proviene de la evaluación entre ranchos (Johnson y Garrick, 1994). Rodríguez (1997) indica que el componente básico de dichos programas es el control de registros de producción en todos los hatos que participan en el programa, la clave de éstas es el uso de sementales en común, generalmente vía inseminación artificial, para aumentar el número de progenie en los ranchos. La base de estas evaluaciones es el uso de

ciertos sementales en distintos ranchos, para lograr el flujo de genes entre ellos y poder realizar comparaciones entre su progenie (BIF, 2010). Van Vleck (1987) menciona que la unidad básica de comparación es el grupo contemporáneo, los cuales son grupos de animales que pertenecen a una misma categoría con respecto a factores no genéticos que afectan la característica en cuestión y que se han medido dentro de una misma fecha.

## **1.6. Valor genético**

El valor genético o valor de cría se define como el valor de un individuo como progenitor, como aportador de genes a la siguiente generación; los progenitores transmiten una muestra al azar de sus genes a su descendencia; por tanto, el valor genético no es igual al valor genotípico, sino que sólo representa la parte de valor genotípico que puede ser transmitido de los progenitores a la progenie (Legates y Warwick, 1992).

Los valores genéticos se publican comúnmente como EPD (Expected Progeny Difference), en español se traduce como DEP (diferencia esperada en la progenie); o como PTA (Predicted Transmitted Ability) en español se traduce como HTP (habilidad de transmisión predicha); los cuales representan la mitad del valor genético de un animal (Lasley, 1993).

### **1.6.1. Habilidad de Transmisión Predicha (HTP)**

El valor genético de un animal es aquel valor juzgado a través del valor promedio de su progenie. Solamente la mitad del valor genético de un animal para una característica de interés es lo que el animal transmite a su progenie, vía los gametos (espermatozoides y óvulos). Por lo anterior, la HTP de un animal es también el valor genético promedio de los gametos producidos por el animal (Bourdon, 1997).

La HTP cuantifica el comportamiento productivo (producción de leche) que se espera transmita un progenitor a su progenie, en comparación con otros progenitores evaluados en el mismo análisis, cuando estos progenitores se aparean con animales de la misma calidad genética y su progenie se desarrolla en condiciones ambientales similares. Las HTPs pueden ser positivas (+) o negativas (-), en las mismas unidades en las que se mide la característica, y se obtienen del sistema de evaluaciones genéticas que involucran los registros de comportamiento del animal evaluado y los de todos sus parientes en el pedigrí (Legates y Warwick, 1992).

Las HTPs son propias de una población, de animales de una raza y un tiempo determinado. Las HTP's no se pueden comparar entre razas, ni entre dos evaluaciones genéticas realizadas en diferente tiempo. Cuando en las evaluaciones genéticas se incluye información de varios hatos, pueden hacerse comparaciones directas entre las HTPs de los animales de los diferentes hatos; en este caso se requiere que la información esté conectada genéticamente entre los diferentes ranchos, esto es, se requiere que algún(os) semental(es) tenga(n) progenie en varios hatos; es decir existen sementales de referencia, la conexión genética puede lograrse también a través de grupos con un manejo homogéneo (Legates y Warwick, 1992).

### **1.6.2. Exactitud**

Cada valor genético es acompañado por un valor de exactitud, el cual es una medida de confiabilidad asociada con el valor genético predicho, y cuyos valores oscilan entre 0 y 100%; los valores cercanos a 100% indican mayor confiabilidad. La exactitud con que se evalúa genéticamente a un individuo, depende de la cantidad de información que se pueda incorporar de individuos emparentados y de él mismo animal. Los parientes de un animal son repeticiones parciales de ese animal, por lo tanto, ayudan a predecir con más precisión el verdadero mérito genético. Debido a que la exactitud está implícita en los cálculos de los valores genéticos (DEPs o HTPs), en la práctica los

valores genéticos son los más importantes para la toma de decisiones; los DEPs se utilizan para seleccionar los animales a usar en el hato, y su exactitud es un buen criterio para decidir qué tan extensivamente se podrá usar esos animales (Lasley, 1993).

### **1.6.3. Base genética**

Una evaluación genética se puede expresar como la capacidad de transmisión predicha (PTA) o el valor de cría estimado (EBV), ambas son medidas del comportamiento concerniente a una población base. Un PTA indica la diferencia en el desempeño que se puede esperar de las hijas de un animal en relación con la base genética (Powell *et al.*, 2005). Una base genética es un punto de referencia desde el cual el mérito genético es expresado, para ello un grupo de animales (toros y vacas) nacidos en un año determinado, y sus evaluaciones se fija en cero, los valores genéticos reportados para los animales nacidos en un año son relativas al mérito genético promedio de los animales nacidos en el año base (BIF, 2010).

Existen tres tipos de bases genéticas: fija, progresiva y por etapas. Con una base genética fija, el año y el grupo de animales elegidos como población base siguen siendo la misma, todas las evaluaciones se pueden comparar sin importar la fecha de evaluación, el problema es que las evaluaciones para los animales de generaciones actuales pueden ser sobre estimadas debido al progreso genético que ha tenido la población desde que se fijó la base genética (BIF, 2010).

Con una base genética dinámica como la que se utiliza en Canadá y Francia, la población base de animales se actualiza cada año, en este caso la comparación de las evaluaciones genéticas es un poco más difícil porque se puede creer de manera equivocada que una evaluación positiva significa que el animal está sobre el promedio actual, lo cual es incorrecto (Powell *et al.*, 2005).

Una base genética por etapas con actualizaciones cada cinco años, es el estándar internacional recomendado por el INTERBULL, es una combinación de una base fija y otra dinámica, en la cual la población base es actualizada en intervalos regulares pero menos frecuentes, ejemplo cada cinco años, tiene la ventaja de que las actualizaciones periódicas reflejan mejor el progreso genético ocurrido de un cambio de base a otro (Powell *et al.*, 2005).

#### **1.6.4. Tendencias genéticas**

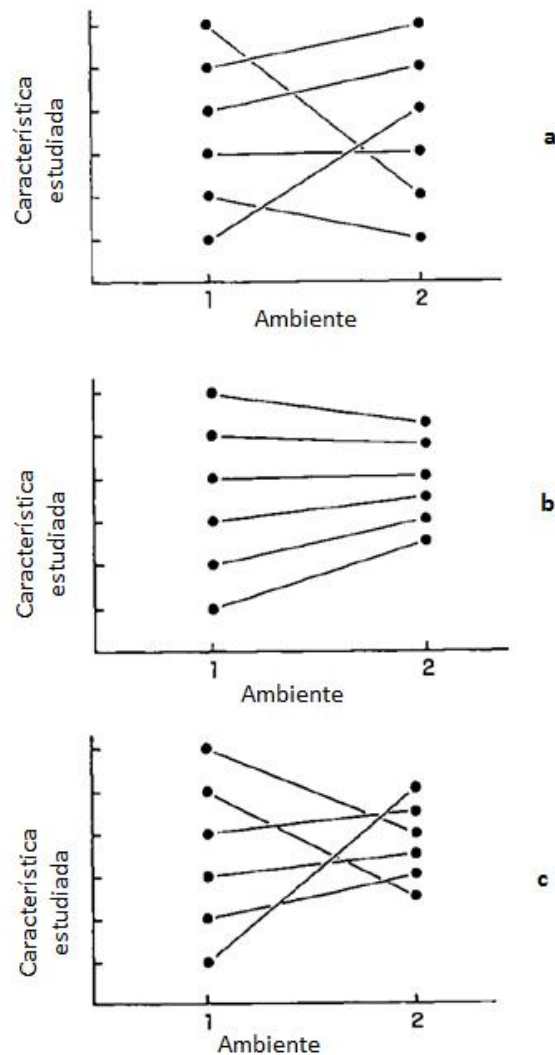
El progreso genético de las características de importancia económica en la cría de ganado lechero puede ser monitoreado por sus tendencias genéticas, las cuales se analizan separándolas en sus componentes genéticos y ambientales (Vanli *et al.*, 2005); así, las tendencias genéticas representan los cambios promedio en magnitud y dirección que han ocurrido en el valor genético de la población a través de los años. Para predecirlas se utiliza la información obtenida en los años de ejecución de un determinado programa y son estimadas mediante la regresión del promedio de los valores genéticos en cada año de nacimiento o parto de los animales (Musani y Mayer, 1997; Hossen *et al.*, 2012).

#### **1.7. Interacción Genotipo por Ambiente (IGA)**

La interacción genotipo por ambiente se define como la alteración del desempeño del fenotipo medido en dos o más ambientes diferentes. Su estudio es de mucha utilidad en programas de mejora genética, ya que existe la posibilidad de que los mejores genotipos en un ambiente no lo sean en otro (Bowman, 1972). Los genotipos se refieren a la raza o grupos de individuos y los ambientes se podrían referir a grandes unidades como regiones, países, o también como valores constantes temperaturas, precipitaciones, regímenes de alimentación, entre otros (Hammami *et al.*, 2008).



De acuerdo con Bowman (1972), las interacciones pueden implicar cambios en orden de importancia para los genotipos entre ambientes y cambios absolutos y de magnitud relativa en la varianza genética, ambiental y fenotípica (figura 1.). Esto tiene implicaciones importantes para los criadores en el diseño de sus programas de selección.



**Figura 1.2.** Tipos de interacciones genotipo por ambiente a) cambio en el orden de posición sin cambio en la varianza; b) cambio en el posición, cambio en la varianza; c) cambio en el orden de posición, cambio en la varianza (Bowman, 1972).

Cuando existe IGA se reduce la respuesta de la selección realizada en otras condiciones ambientales, debido a problemas de adaptación de los animales. Lo que implica la necesidad de desarrollar programas de selección específicos para cada ambiente de producción en particular, con el fin de mantener la eficacia del mejoramiento genético (Hammami *et al.*, 2008).

### **1.7.1. Formas de estimar IGA**

Existen varios métodos para estimar la IGA, estos modelos pueden ser vistos como una extensión del modelo genético simple y tradicional para los caracteres cuantitativos en los cuales el fenotipo (P) es considerado como la suma de los efectos independientes genéticos (G) y ambientales (E),  $[P = G + E]$  (Falconer y Mackay., 1996). Sin embargo los modelos bivariados han sido los más usados. Estos modelos permiten estimar la IGA, al considerar datos medidos en diferentes ambientes para diferentes características y pueden incluirse, datos de animales cruzados en las evaluaciones genéticas (Wolf y Wolfová, 1998). Los análisis bivariados se usan para obtener estimadores de las correlaciones genéticas y fenotípicas entre características (Meyer, 1991) y la manera de cuantificar IGA es mediante la correlación genética entre características (ambientes) y el cálculo de correlaciones entre valores genéticos de una variable obtenidos para los mismos individuos en dos ambientes diferentes (Vargas y Gamboa, 2008). Cuando las correlaciones genéticas entre ambientes (características) son cercanas a uno, se considera ausencia de IGA. Algunos autores (Robertson, 1959) menciona que cuando la correlación genética es mayor a 0.8, entonces puede considerarse prácticamente como igual a uno. En presencia de varias características, se usan enfoques multivariados, que son extensiones de los modelos para una característica (Hammami *et al.*, 2008).

Los métodos de Pearson (producto-momento) y de Spearman (o de rango) permiten calcular la correlación, pero sólo entre dos variables. En este caso correlaciones entre valores genéticos predichos de una variable, obtenidos para los mismos individuos en

dos diferentes ambientes, midiendo el paralelismo o correlación entre sólo esos valores genéticos y ambientes (Vargas y Gamboa, 2008).

### **1.7.2. Interacción genotipo por ambiente en México**

Las investigaciones sobre IGA reportadas en México varían en magnitud y no permiten obtener conclusiones generales definitivas, considerando la diversidad de genotipos y ambientes, así en evaluaciones genéticas para producción de leche ajustada a 305 días en bovinos Holstein en México y EE.UU., Stanton *et al.* (1991) obtuvieron un estimador de correlación de 0.90, concluyendo que no existe IGA entre los dos países; resultados similares fueron estimados por Powell y Wiggans (1991), quienes obtuvieron una correlación de 0.91. Sin embargo, Cienfuegos-Rivas *et al.* (1999) obtuvieron estimadores de 0.60 a 0.93, señalando la existencia de IGA para algunos casos particulares. Mc Dowell *et al.* (1976) obtuvieron estimadores de correlación de 0.64 y 0.61 para México-EE. UU. y México-Canadá. Para las mismas combinaciones de países, Montaldo *et al.* (2009) estimaron correlaciones de 0.74 y 0.77, concluyendo que existe una moderada IGA en ambos casos. Valencia *et al.* (1999) obtuvieron un estimador de correlación de 0.18, usando valores genéticos en México y los Estados Unidos de América. Un estudio considerando tres regiones de México fue publicado por Valencia *et al.* (2008), reportaron correlaciones genéticas para producción de leche entre Norte (N), Centro (C) y Sur (S) de 0.73, 0.38 y 0.93, para los ambientes N-C, N-S y C-S, respectivamente. En un estudio realizado por Galadizo, (2009) con ganado Jersey reporta correlaciones para producción de leche, proteína y grasa valores de 0.83, 0.81 y 0.75 respectivamente; otro estudio en la misma raza, pero considerando sistema de alimentación (confinamiento vs Pastoreo), realizado por Ramírez *et al.* (2010) estimaron correlaciones para producción de leche (0.76;  $P < 0.05$ ), concluyendo que existe una ligera interacción, sin embargo esta no afectó el orden de los animales en los dos ambientes en estudio; Pelcastre (2011) en un estudio realizado en ganado Holstein entre México-Estados Unidos de América; México-Canadá, reporta correlaciones de entre 0.73 y 0.85, para producción de leche y componentes, concluyendo que los resultados muestran una posible IGA para algunas de las

variables estudiadas, aunque de magnitud pequeña; Palacios (2011) reporta una correlación de 0.45 entre Habilidades de Transmisión Predicha de sementales con evaluaciones genéticas en México y Estados Unidos de América; concluyendo que los cambios en la jerarquización de los sementales para ambas evaluaciones, infieren interacción genotipo por ambiente.

### **1.8. Principales metodologías usadas en las evaluaciones genéticas**

Se han descrito varios métodos que pueden usarse para la predicción de valores genéticos, bajo ciertas circunstancias; el primero fue descrito por Henderson (1973) denominado Mejor Predictor (BP, por sus siglas en inglés), el cual minimiza la varianza del error de predicción, pero requiere conocer la distribución de los valores genéticos y sus observaciones; el segundo se conoce como El Mejor Predictor Lineal (BLP, por sus siglas en inglés), el cual es una forma restringida del BP, que permite estimar en forma conjunta los efectos fijos y los componentes de (co)varianza y el tercero, es el denominado Mejor Predictor Lineal Insesgado (BLUP, por sus siglas en inglés), que en la actualidad es el procedimiento comúnmente utilizado en las evaluaciones genéticas, el cual permite estimar efectos fijos y aleatorios (valores genéticos) simultáneamente (Falconer y Mackay, 1996) y técnicamente puede combinar datos de diferentes ambientes muestreados (Tholen *et al.*, 1998); la principal diferencia con el BLP, es que los efectos fijos no necesitan ser conocidos (Henderson, 1973) y supone que la varianza genotípica y genética son conocidas (Falconer y Mackay, 1996); en este procedimiento se deriva un predictor insesgado, que minimiza la varianza del error (Núñez y Rodríguez, 1995). La principal ventaja de este modelo de efectos mixtos, es que permite incluir las relaciones genéticas entre todos los animales a evaluar (Henderson, 1976).

El BLUP en sus inicios se aplicó con un modelo de semental, posteriormente se ha usado en modelos más complejos, como el modelo animal maternal y modelos multivariados (Mrode, 2005); la desventaja de este predictor, es que requiere conocer la inversa de la matriz de varianzas y covarianzas de los registros, cuyo tamaño es

igual al número de registros; la solución a este problema la dio Henderson en 1973 al proponer las ecuaciones de modelos mixtos (Núñez y Rodríguez, 1995).

### 1.8.1. El modelo del semental

Este modelo indica que sólo serán evaluados sementales, usando los datos de su progenie, con la ventaja de generar un reducido número de ecuaciones en comparación con modelos más complejos; el mérito de las madres de la progenie involucrada en la evaluación no se considera, y supone que todas ellas tienen un mérito genético similar y como consecuencia influye en la estimación de los valores genéticos predichos, si se les dan hembras preferenciales a determinados sementales (Mrode, 2005). También se ignora las relaciones genéticas aditivas entre animales y considera una sola característica a la vez (Núñez y Rodríguez, 1995). La notación general del modelo es:

$$y = Xb + Zs + e$$

Donde:  $y$  es un vector de observaciones,  $b$  es un vector de efectos fijos,  $X$  es la matriz de incidencia que asocia a  $b$  con  $y$ ,  $s$  es el vector de efectos aleatorios de valores genéticos de los sementales,  $Z$  es la matriz de incidencia que asocia a  $s$  con  $y$ , y  $e$  es el vector de efectos residuales aleatorios.

### 1.8.2. Modelo animal

El modelo animal describe el modelo genético usado para la evaluación, comúnmente en la práctica tanto modelo y método reciben el mismo nombre; existen muchas variantes del modelo animal general, desde los más simples, hasta los más complejos. El modelo animal básico incluye tres factores que son: genes, ambiente y manejo (Van Vleck y Núñez, 1992).

La notación general del modelo es:

$$P_i = G_i + E_i + MAN$$

Donde:  $G_i$  es la suma de todos los efectos atribuidos a los genes del animal  $i$ .  $E_i$  representa los efectos de factores ambientales aleatorios en el registro del animal  $i$ , los cuales no afectan los registros de otros animales. MAN es el efecto de manejo en el hatu, generalmente es sinónimo de grupo contemporáneo y es una manera de identificar, en forma general, los efectos ambientales que afectan los registros de todos los animales contemporáneos; generalmente estos efectos se deben al manejo, año y estación de nacimiento o parto del animal (Van Vleck y Núñez, 1992).

En forma matricial el modelo animal se representa

$$y = Xb + Zu + e$$

Donde:

$y = n \times 1$  vector de observaciones,  $n =$  número de registros.

$b = p \times 1$  vector de efectos fijos,  $p =$  número de niveles de efectos fijos.

$u = q \times 1$  vector de efectos aleatorios del animal,  $q =$  número de niveles de efectos aleatorios.

$e = n \times 1$  vector de efectos residuales aleatorios.

$X =$  matriz diseño de orden  $n \times p$ , que relaciona los datos de comportamiento con los efectos fijos.

$Z =$  matriz diseño de orden  $n \times q$ , que relaciona los datos de comportamiento con los efectos aleatorios del animal.

$X$  y  $Z$  son matrices de incidencia que relacionan los registros de producción con los vectores correspondientes.

Se asume que:  $E(y) = Xb$ ;  $E(u) = E(e) = 0$  y que los efectos residuales, que incluyen los efectos aleatorios ambientales y efectos genéticos no aditivos, se distribuyen

independientemente con varianza  $\sigma^2e$ ; por lo tanto,  $\text{Var}(e) = I\sigma^2e = R$ ;  $\text{Var}(u) = A$ ;  $\sigma^2u=G$  y  $\text{Cov}(u,e) = \text{Cov}(e,u)=0$ , donde A es la matriz de parentesco.

Para cada efecto del modelo se considera una ecuación de cuadrados mínimos, lo que trae consigo, que básicamente habrá una ecuación por cada animal con un registro (dos si se consideran dos registros y el modelo incluye el efecto ambiental permanente del animal); las ecuaciones pueden modificarse de la manera en que lo estableció Henderson (1973), para transformarlas en ecuaciones de modelos mixtos (EMM), las cuales toman en cuenta la heredabilidad de la característica y la repetibilidad si se usa más de un registro, además de los parentescos entre todos los animales y, pueden ser expandidas para incluir animales sin registros productivos. Cada animal emparentado es un tipo de repetición genética parcial del animal que se va a evaluar, cuyas relaciones genéticas permiten la predicción de aptitudes de transmisión para sementales, con base en los registros de sus hijas, además de corregir por un posible efecto preferencial de las parejas de ciertos toros (Mrode, 2005).

### **1.8.3. Modelo animal con repeticiones**

El modelo de repetibilidad puede ser empleado para el análisis de los datos cuando se hacen varias mediciones de una misma característica sobre un mismo individuo, como por ejemplo el tamaño de camada en sucesivos partos o la producción de leche en sucesivas lactancias. Es decir, la varianza fenotípica comprende la varianza genética aditiva y no-aditiva, la varianza ambiental permanente y varianza ambiental temporal. Para un animal, el modelo de repetibilidad generalmente asume una correlación genética de uno, igualdad de la varianza e igual correlación ambiental entre todos los pares de registros. En la práctica, al hacer los análisis de los datos algunos de estos supuestos no se cumplen. El modelo de repetición es por lo general de la forma:

$$y = Xb + Zu + Wpe + e \quad (\text{Mrode, 2005})$$

Donde:  $\mathbf{y}$  = vector de observaciones,  $\mathbf{b}$  = vector de efectos fijos,  $\mathbf{u}$  =vector de efectos genéticos aditivos del animal,  $\mathbf{pe}$  = vector de efectos ambientales permanentes y efectos genéticos no aditivos,  $\mathbf{e}$  =vector de efectos residuales, y  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{Z}$  y  $\mathbf{W}$  son matrices de incidencia que relacionan los registros de producción con los efectos fijos, aleatorios y efectos ambientales permanentes respectivamente. El vector  $\mathbf{a}$  solamente incluye efectos aditivos aleatorios del animal, consecuentemente los efectos no aditivos son incluidos dentro de los efectos ambientales permanentes ( $\mathbf{pe}$ ). Además, se supone que los efectos ambientales permanentes y residuales se distribuyen independientemente con media cero y varianzas  $\sigma^2_{pe}$  y  $\sigma^2_e$  respectivamente.

#### **1.8.4. Modelo animal multivariado**

Usualmente la selección de los animales se basa en una combinación de características de importancia económica comúnmente relacionada genotípica y fenotípicamente (Mrode, 2005). Los análisis univariados contemplan una característica a la vez y suponen correlación cero entre características y que la pérdida de datos por efectos de selección es aleatoria (Ducrocq, 1994).

Un análisis multivariado involucra la evaluación simultánea de animales para dos o más características y hace uso de las correlaciones genotípicas y fenotípicas entre las características (Mrode, 2005); explicando apropiadamente los efectos de selección cuando varias características son consideradas (Wolf y Wolfová, 1998). La principal ventaja de estos modelos es el incremento en la exactitud de la evaluación, la cual depende de la diferencia absoluta entre la correlación genética y el residual de la característica. Una desventaja de los modelos multivariados complejos es que contienen un gran número de parámetros, además de que los estimadores de estos son menos precisos para el conjunto de datos analizado (Wolf y Wolfová, 1998).

El modelo para un análisis multivariado se asemeja a una uno de los modelos univariados para cada uno de las características analizadas:



Característica 1:  $y_1 = X_1b_1 + Z_1u_1 + e_1$

Característica 2:  $y_2 = X_2b_2 + Z_2u_2 + e_2$

Si los animales se ordenan de acuerdo a las características, el modelo para el análisis multivariado se podría escribir como:

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

Dónde: los subíndices **1** y **2** identifican la característica a comparar, **y** es el vector de observaciones de las variables, **b** es el vector de efectos fijos de las variables, **u** es el vector de efectos aleatorios del animal; **e** es el vector de efectos residuales de las características; y **X**, **Z**, son las matrices de incidencia que asocian los registros de las características con los efectos fijos y aleatorios del animal, respectivamente.

Y se asume que:

$$\text{var} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11}^A & g_{12}^A & 0 & 0 \\ g_{21}^A & g_{22}^A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{11} & r_{12} \\ 0 & 0 & r_{21} & r_{22} \end{bmatrix}$$

Donde **G** = matriz de varianza y covarianza por efecto animal con cada elemento definido como:  $g_{11}$  = varianza genética aditiva para los efectos directos para la característica uno,  $g_{12} = g_{21}$  = covarianza genética aditiva entre ambas características,  $g_{22}$  = varianza genética aditiva para efectos directos de la característica dos, **A** es la matriz de relaciones genéticas entre animales, y **R** = matriz de varianza y covarianza de los efectos residuales.

### **1.8.5. Efectos a incluir en los modelos**

Los efectos que pueden incluirse en los modelos para evaluar a los animales se dividen en tres: fijos, aleatorios genéticos y aleatorios no genéticos. Para determinar si un efecto es fijo o aleatorio, es necesario considerar la naturaleza del dato y como interfiere en los efectos estimados (BIF, 2010).

#### **1.8.5.1. Efectos fijos (Schaeffer, 1993; BIF, 2010)**

- a) Grupos contemporáneos. Estos son construidos agregando la información de animales en unidades de manejo ambiental similar. Los factores a considerar en la definición de un grupo contemporáneo, pueden ser hato, año, estación de parto, sexo, edad, raza, sistema de manejo.
  
- b) Grupos genéticos. Pueden ser incluidos para explicar las diferencias genéticas entre: individuos, subpoblaciones, animales importados, explicación de la tendencia genética de animales fundadores.
  
- c) Edad de la madre y la cría: La mayoría de las características medidas después del nacimiento de la cría y antes de su destete son afectados por la edad del animal. Las características afectadas por el ambiente materno usualmente son afectadas por edad de la madre.

#### **1.8.5.2. Efectos genéticos aleatorios (Schaeffer, 1993; Mrode, 2005; BIF, 2010)**

- a) Efecto genético directo. Cada animal tendrá una predicción de su valor genético basado en la información disponible (registros individuales). El modelo animal

puede ser estimado con base en los registros de su progenie y la de sus parientes.

- b) Efectos genéticos maternos. Para las características afectadas por un componente materno, como peso al destete, debe incluirse el efecto materno y con ello hacer una mejor predicción del valor genético directo, de manera que puedan predecirse los efectos genéticos maternos a través de los parientes de machos y hembras sin progenie.

#### **1.8.5.3. Efectos aleatorios no-genéticos (Schaeffer, 1993; BIF, 2010)**

- a) Ambiente materno permanente. Puede ser incluido para explicar los factores permanentes que afectan la expresión de la habilidad genética materna.
- b) Interacción genotipo por ambiente. La magnitud de las interacciones semental por grupo contemporáneo, semental por hatos o semental por región, puede ser tan grande para algunas razas, que debería incluirse en el modelo.
- c) Residual. Considera todos los efectos que no se contemplan en el modelo propuesto para la evaluación.

### **1.9. Evaluación lineal en ganado lechero**

La calificación por conformación en bovinos se realiza mediante apreciación visual, donde los clasificadores otorgan una puntuación al animal, de acuerdo a la escala que para ello existe de cada raza. La importancia de juzgar a un animal visualmente radica en poder determinar sus cualidades y defectos, los cuales podrán modificarse en la futura progenie mediante cruzamientos correctivos, que permitan mejorar las características poco deseables en el animal (BSCBA-USA, 2012).

En los últimos años, el incremento en la producción de leche de las principales razas de ganado bovino ha sido importante, cuyos promedios de producción actuales fluctúan alrededor de 12,246, 10,291, 9,093 kg de leche por lactancia, en Holstein, Suizo Americano y Jersey respectivamente, de los cuales una gran parte de este incremento en leche por lactancia se le atribuyen al efecto de selección (AIPL-USDA, 2013).

Investigadores y criadores de ganado han observado que conforme se incrementa la intensidad de selección en la producción de leche por lactancia, algunas características físicas de las vacas resultan afectadas; por ejemplo, las ubres adquieren mucha profundidad en vacas con altas producciones, lo que en muchos casos es motivo de desecho (Burnside *et al.*, 1984). Se ha documentado la correlación genética entre el conteo de células somáticas y rasgos de conformación, evidenciando que el mejoramiento genético de algunos rasgos de la ubre tiene un efecto positivo en la presentación de conteos bajos de células somáticas, y como consecuencia en la salud de la glándula mamaria (Rogers *et al.*, 1991; Zhang *et al.*, 1994). Derivado de esto Lund *et al.* (1994) señala que existe cierta predisposición a mastitis en vacas con ligamento medio suspensorio débil y ubres muy profundas, mala colocación de pezones, débil inserción posterior de la ubre y pezones largos.

Algunos rasgos del animal, con bajas calificaciones lineales de tipo pueden ocasionar que la vida productiva de las vacas dentro de hato sea corta, disminuyendo su eficiencia productiva e incrementando sus costos de producción. Actualmente, la selección de reproductores pone mucha atención no solo en producción de leche por lactancia, sino también en la rentabilidad de por vida del animal (De Hann *et al.*, 1992), de tal manera que estas características son incluidas como principal objetivo de los programas de mejoramiento genético del ganado lechero, es decir, la mejora genética tiende a considerar múltiples características, que incluyen tanto rasgos productivos como de conformación, escogiendo animales con altas producciones de leche y de sus componentes; además de características de tipo que les permitan permanecer mayor tiempo dentro del hato y ser más rentables (Ducrocq, 1993; Misztal *et al.*, 1992; Short y Lawlor, 1992).

### 1.9.1. Importancia de las características de tipo en la longevidad

La asociación entre rasgos de tipo y longevidad ha sido ampliamente estudiada por Burnside *et al.* (1984), quienes hicieron una revisión exhaustiva de trabajos de investigación, encontrando divergencia en las conclusiones, desde negativos hasta positivos en los rasgos de conformación, como indicadores de la permanencia en el hato. Sin embargo, se reconoce que estas características pueden considerarse como predictores confiables de tal rasgo. Desde entonces hasta la actualidad, las investigaciones en este tema, buscan profundizar en el análisis de la asociación entre componentes de tipo y longevidad.

En la actualidad la estimación de parámetros genéticos para evaluar toros y vacas se realiza con mejores métodos y utilizan modelos más completos que permiten hacer evaluaciones más precisas, buscando criterios de selección óptimos para conformación y vida productiva. En ese sentido se han encontrado más ventajas en el uso de las características de conformación para estimar la permanencia en el hato; Boldman *et al.* (1992) derivó factores de ponderación para predecir la vida productiva de un animal en el hato, basado en la calificación lineal de 18 características en las hijas de sementales, concluyéndose que es factible su predicción a partir de los rasgos de conformación, con la ventaja de que los rasgos de tipo pueden estar disponibles a temprana edad del animal. Finalmente Rogers y McDaniel (1989) y Misztal *et al.* (1992) señalan que la razón principal para medir y utilizar la información de tipo es para ayudar a los criadores a seleccionar vacas rentables y funcionales y reducir la tasa de eliminación temprana por causas no relacionadas con el rendimiento lechero, mencionando también, que la selección basada únicamente en características de rendimiento, podría disminuir el mérito para los rasgos de tipo, debido a la existencia de correlaciones genéticas antagónicas. Meyer *et al.* (1987) indican, que los rasgos de tipo tienen heredabilidades de medias a altas, coincidiendo con Schaeffer *et al.* (1985); Wiggans *et al.* (2004) quienes mencionan que estas características se pueden obtener en una sola medición, lo que las hace confiables y relativamente fácil de obtener, además de poder incluirlos en índices de selección.

### **1.9.2. Características de conformación**

La conformación de un animal incluye los rasgos que están relacionados con su tipo, que aunque no repercuten directamente en la producción, permiten al animal tener una vida productiva más larga. Estas características se componen de cinco categorías generales: fortaleza y estructura, carácter lechero, grupa; movilidad y sistema mamario (BSCBA-USA, 2012).

Estas categorías describen 18 características morfológicas por medio de una escala biológica lineal del 1 al 9. En México se utiliza un sistema que cumple con estándares internacionales, que elimina las apreciaciones subjetivas y proporciona datos más confiables a las evaluaciones genéticas de conformación (CONARGEN, 2010).

El ICAR reconoce 18 características (cuadro 1.1) que se incluyen dentro de los programas de calificación de conformación de bovinos lecheros. Sin embargo cada Asociación de Criadores puede estandarizar la escala lineal de acuerdo con las características de la raza, recomendándose la escala del 1 al 9.

**Cuadro 1.1.** Características más comunes utilizadas en los programas de calificación por tipo en bovinos lecheros.

Características	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estatura</li> <li>• Anchura de pecho</li> <li>• Profundidad del cuerpo</li> <li>• Angularidad</li> <li>• Inclinación del anca</li> <li>• Anchura de anca</li> <li>• Vista posterior de aplomos de patas posteriores</li> <li>• Vista lateral de aplomos de patas posteriores</li> <li>• Ángulo de pezuña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortaleza de la inserción anterior de ubre</li> <li>• Altura de la inserción posterior de ubre</li> <li>• Ligamento medio suspensorio</li> <li>• Profundidad de la ubre</li> <li>• Posición de tetas anteriores</li> <li>• Longitud de las tetas anteriores</li> <li>• Posición de tetas posteriores</li> <li>• Locomoción (en estudio)</li> <li>• Condición corporal</li> </ul>

Fuente: (ICAR, 2009).

### **1.9.3. Descripción de las principales características de tipo en la raza Suizo Americano**

Para clasificar una vaca se usan cinco categorías mayores las cuales tienen influencia en el puntaje final, cada categoría incluye de diferentes aspectos del animal (BSCBA-USA, 2012).

#### **1.9.3.1. Fortaleza y estructura (15 %).**

Esta incluye la evaluación del esqueleto del animal con la excepción de patas y pezuñas. A continuación se describen las características que lo componen por orden de prioridad.

*Ancas:* deben ser largas y anchas a través de la punta y ligeramente por debajo de los huesos de la cadera. Los muslos deben estar separados y ubicados centralmente entre los huesos de la cadera y anca. El empalme de la cola debe estar colocado levemente sobre los huesos del anca y la cola libre de aspereza. La vulva casi completamente vertical.

*Estatura:* Incluye el largo en los huesos de las extremidades. Se desea huesos largos a lo largo de la estructura corporal del animal. El ancho en la punta de la cruz y caderas debe ser proporcional.

*Parte anterior del animal:* constitución adecuada con patas anteriores fuertes, separadas y ubicadas en forma simétrica. Hombros y codos unidos firmemente adheridas al pecho, huesos del hombro y codos deben estar firmemente colocados al pecho. Las puntas de los hombros deben tener adecuada plenitud.

*Espalda:* recta y fuerte; lomo amplio, fuerte y nivelado.

*Características de la raza:* estilo y balance, cabeza femenina, hocico amplio, nariz abierta y quijada fuerte.

### **1.9.3.2. Carácter lechero (20 %).**

Se evalúa la evidencia física de la habilidad para producir leche, a continuación se describen algunas características por orden de prioridad:

*Costillas:* muy separadas, huesos anchos, planos, profundos y dirigidos hacia la parte posterior del animal.

*Muslos:* limpios, planos, levemente encorvados hacia adentro y muy separados del extremo posterior.



*Punta de la Cruz:* aguda, con un espinazo prominente.

*Cuello:* largo, delgado y uniéndose suavemente en los hombros, son deseables cuello y pecho limpios.

*Piel:* delgada, relajada y plegable.

### **1.9.3.3. Grupa (10%)**

Provee apoyo básico para una eficiencia reproductiva, propicia una ubre sana y pezuñas. Las características a considerarse son el ángulo y el ancho de la grupa.

### **1.9.3.4. Movilidad (patas y pezuñas) 15%**

Se evalúan las pezuñas y las patas traseras. Se da mayor consideración a la evidencia de movilidad del animal. A continuación se describen las características por orden de prioridad.

*Pezuñas:* poco profundas y bien balanceadas.

*Patas traseras vista posterior:* rectas, bien separadas simétricamente colocados.

*Patas traseras vista lateral:* ángulo moderado a los corvejones.

*Corvejones:* bien moldeadas, libres de gordura e hinchazones y con adecuada flexibilidad.

### **1.9.3.5. Sistema mamario (40%)**

Las características de ubre son las de mayor importancia. Se otorga una mayor consideración a las características que contribuyen a una alta producción de leche y vida productiva, a continuación se describen las características a considerarse por orden de importancia.

*Profundidad de ubre:* moderada en relación a los corvejones con adecuada capacidad y distancia. Se considera el número de lactancia y edad.

*Ubicación de Pezones:* ubicados centralmente bajo cada cuarto, espaciados de manera apropiada, vistos lateral y posterior.

*Inserción posterior de la ubre:* ancha y alta, firmemente adherida con ancho uniforme desde el tope al fondo y levemente redondeada a la base de la ubre.

*Ligamento medio:* evidencia de un ligamento suspensorio medio fuerte indicado por una definición adecuada de las dos mitades de la ubre.

*Inserción anterior de la ubre:* firmemente adherida de largo moderado y amplia capacidad.

*Pezones:* de forma cilíndrica y tamaño uniforme de mediana longitud y buen diámetro.

*Balance y textura de la ubre:* debe exhibir una base de ubre que esté nivelada al observarse de forma lateral. Los cuartos deben estar balanceados, suaves, plegables y bien colapsados después de ordeña.

### **1.9.3.6. Puntuación final**

La puntuación final se expresa en intervalos:

Excelente (E) 90-94 puntos	Buena (G) 75-79 puntos
Muy buena (VG) 85-89 puntos	Regular (F) 65-74 puntos
Más que buena (G+) 80-84 puntos	Pobre (P) 50-64 puntos

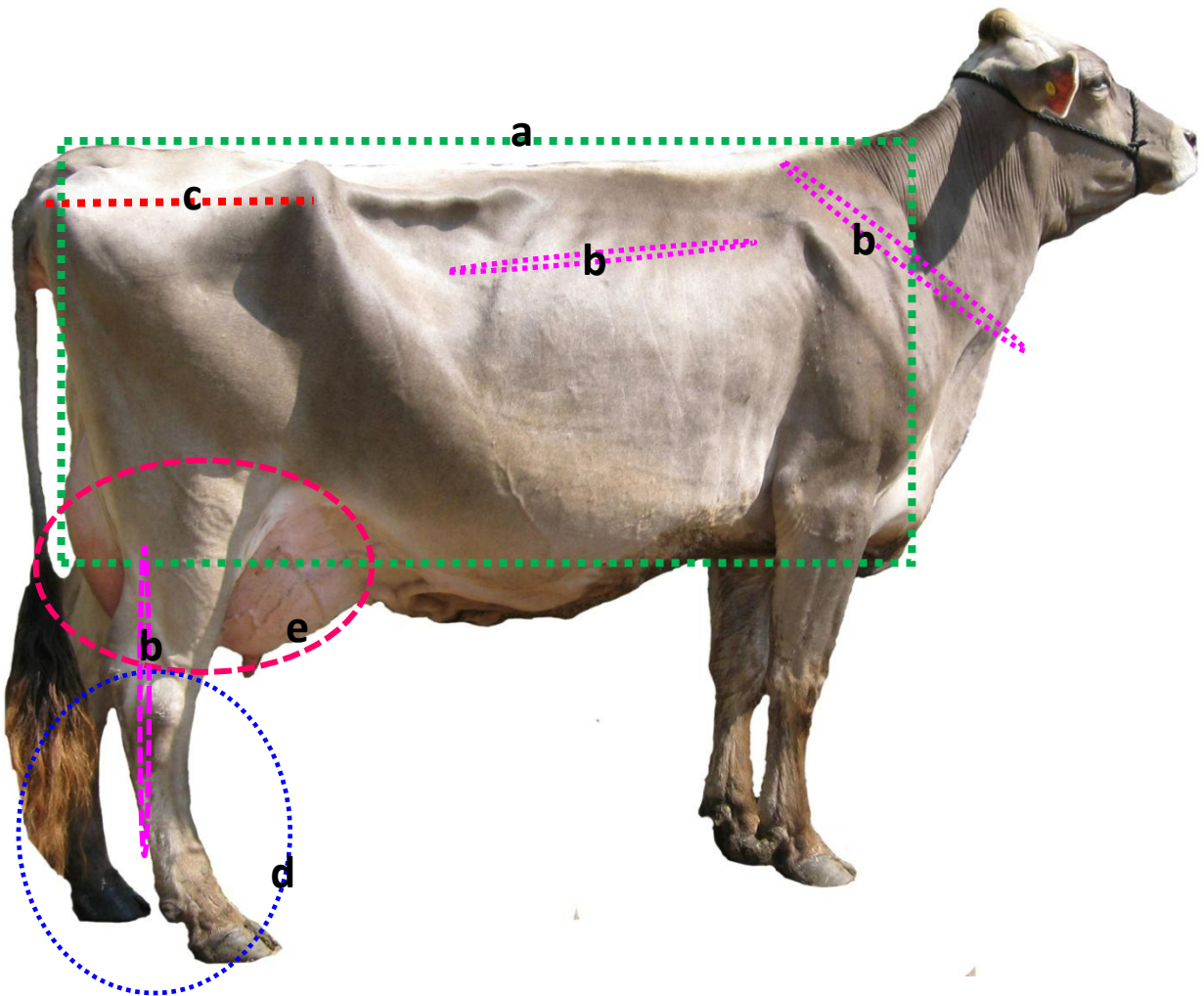


Figura 1.3. Regiones anatómicas importantes en la evaluación de tipo en la raza Suizo Americano. **a)** fortaleza y estructura, **b)** carácter lechero (buena apertura de costillas, cruz y cuello libres de grasa, huesos planos de las patas y libres de grasa), **c)** grupa (ancha y nivelada) **d)** movilidad (patas y pezuñas) y **e)** Sistema mamario.

## 1.10. LITERATURA CITADA

Alfonso, R. E; H. J. G. Herrera; F. C. Lemus, C. M. E. Ortega, R. C. Cortez, and P. J. Pérez. Morphometric Characterization of American Brown Swiss Cows in a Tropical Region of Chiapas, México. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 10: 454-459.

AIPL-USDA (Animal Improvement Programs Laboratory-United State Department of Agriculture). 2013. Bovine Genetic Trends. [en línea]. Disponible en <http://aipl.arsusda.gov/eval/summary/trend.cfm>. [Consulta 03 de agosto de 2013].

AMCGSR (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro). 2013. XLVI Reporte Asamblea General Ordinaria. 24 p.

AMCGSR (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro). 2007. Reglamento de Exposiciones. 28 p.

AMCGSR-UACH (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro-Universidad Autónoma Chapingo). 2012. Resumen de Evaluaciones Genéticas para Ganado Suizo Americano. *Boletín Técnico* 17 p.

BIF (Beef Improvement Federation). 2010. Guidelines For Uniform Beef Improvement Programs. Ninth edition. North Carolina State University, USA. 182 p.

Boldman, K.G., A.E. Freeman, and B.L. Harris. 1992. Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. *Journal of Dairy Science* 75: 552-563.

Bourdon, R. M. 1997. *Understanding Animal Breeding*. Ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA. 538 p.

- Bowman, J.C. 1972. Genotype x environment interactions. *Genetics Selection Evolution* 4:117-123.
- Briggs, H.M., and D.M. Briggs. 1980. *Modern Breeds of Livestock*. Fourth Edition. Macmillan Publishing Co. 113 pp.
- BSCBA-USA (The Brown Swiss Cattle Breeders' Association of the USA). 2013. The History of Brown Swiss [en línea] disponible en <http://www.brownswissusa.com/Breed/History/tabid/89/Default.aspx> [consulta 8 de junio de 2013].
- BSCBA-USA (The Brown Swiss Cattle Breeders' Association of the USA). 2013. Annual Report. [en línea] disponible en <http://www.brownswissusa.com/Portals/0/Documents/2012AnnualReport.pdf> [consulta 21 de octubre de 2013].
- BSCBA-USA (The Brown Swiss Cattle Breeders' Association of the USA). 2012. Official Rules Governing type classification. 4 pp.
- Burnside, E. B., A. E. McClintock, and K. Hammond. 1984. Type, production and longevity in dairy cattle: a review. *Animal Breeding Abstracts* 52: 711-719.
- Chinchilla, L. M. 2009. Braunvieh, Pardo Suizo. Boletín Informativo No. 3. Asociación de Criadores de Ganado Pardo Suizo en Costa Rica. [en línea]. Disponible en <http://www.pardosuizocr.org/Boletin3.pdf>. [Consulta 03 de agosto de 2013].
- Chin Colli, R. C; J. G. M. Magaña, J. C. C. segura, y R. D. Núñez. 2012. Environmental factors and breed proportion affecting birth weight, weaning weight and age at first calving in mexican brown swiss cattle *Fact. Tropical and Subtropical Agroecosystem* 15: 55-60.

- Cienfuegos-Rivas, E. G., P. A. Oltenacu, R. W. Blake, S. J. Schwager, H. J. Castillo, and F. J. Ruiz. 1999. Interaction between milk yield of Holstein cows in Mexico and the United States. *Journal of Dairy Science* 82: 2218-2223.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios AC). 2010. Guía técnica de programas de control y mejoramiento genético en bovinos lecheros. 100 p.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios AC). 1998. Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. México. 42 p.
- De Hann, M.H.A., B.G. Cassell, R.E. Pearson, and B.B. Smith. 1992. Relationships between net income, days of productive life, production, and linear type traits in grade and registered Holsteins. *Journal of Dairy Science* 75: 3553-3561.
- Ducrocq, V. 1994. Multiple trait prediction: Principles and problems. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Armidale. Australia 18:455-462.
- Ducrocq, V. 1993. Genetic parameters for type traits in the French Holstein breed based on a multiple-trait animal model. *Livestock Production Science* 36:143-156.
- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to quantitative genetics*. 4<sup>th</sup> ed. Harrow, Ed. Longman. Malaysia. 464 p.
- Galadizo, M.H. 2009. Interacción genotipo por ambiente en evaluaciones genéticas nacionales de bovinos jersey en México y otros países. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 55 p.

- García, M. J. G. 2002. Características distintivas de la raza suizo y sus objetivos de producción. Memoria: segundo taller importancia, interpretación y usos de las evaluaciones genéticas en ganado suizo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 17-19 de enero de 2002. México. pp.-1-11
- Hammami, H., B. Rekik, and N. Gengler.2009. Genotype by environment interaction in dairy cattle. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 13: 155-164.
- Henderson, C. R. 1976. A simple Method for computing the inverse of a numerators relationship matrix used in predicting of breeding values. *Biometrics* 32: 69-83.
- Henderson, C. R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. In. *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of J.L. Lush*. American Society for Animal Science: Blacksburgh, Champaign. Illinois. pp-10-41.
- Hossen, M.S., S.S. Hossain, A. K. F. H. Bhuiyan, M. A. Hoque, and M. R. Amin.2012. Genetic trends of some important dairy traits of crossbred cows at Baghabarighat milk ahed area in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Animal Science* 41:67-73.
- ICAR (International Committee for Animal Recording ). 2009. International agreement of recording practices. Approved by the General Assembly held in Niagara Falls, USA, on 18 June 2008.
- Johnson, D.L., and D.J. Garrick. 1994. Data collection, processing and prediction of breeding values. *Procedings of the 5<sup>th</sup> World Congress on Genétic Applied to livestock Production*. Guelph, Canada. 17:337-346.
- Lasley, F. J. 1993. *Genética para mejora del ganado*. 2<sup>a</sup>. Ed. UTEHA. 378 p.
- Legates, J. E, y Warwick E.J. 1991. *Cría y mejora del ganado*. 8<sup>a</sup>. Edición. Ed. Interamericana-McGraw-Hill. 344 p.



- Lund, T., F. Miglior F., J.C.M. Dekkers, and E.B. Burnside. 1994. Genetic relationship Between clinical mastitis, somatic cell count , and udder conformation in Danish Hosltein . *Livestock Production Science* 39: 243-251.
- Mc Dowell, R. E., G. R. Wiggans, J. K. Camoens, L. D. Van Vleck, and D. G. Louis. 1976. Sire comparison for Holsteins in Mexico versus the United States and Canada. *Journal of Dairy Science* 59: 298-304.
- Meyer, K. 1991. Estimating variances and covariances for multivariate animal models by restricted maximum likelihood. *Genetics Selection Evolution* 23: 67-83.
- Meyer, K., S. Brotherstone, M.R. Edwards, and W.G. Hill. 1987. Inheritance of linear type traits in dairy cattle and correlations with milk production. *Animal Production* 44:1–10.
- Misztal, I., T. J. Lawlor, T. H. Short, and P. M. VanRaden. 1992. Multiple-trait estimation of variance components of yield and type traits using an animal model. *Journal of Dairy Science* 75: 544–554.
- Montaldo, V. H. H., S. Núñez, L. F.J. Ruiz, and J. H. Castillo. 2009. Selection response for milk production in conventional production systems in Mexico, using genetic evaluations of Holstein sires from Canada and the United States. *Journal of Dairy Science* 92: 5270–5275.
- Musani, S.K., and M. Mayer. 1997. Genetic and environmental trends in a large commercial Jersey herd in the Central Rift Valley, Kenya. *Tropical Animal Health Production* 29: 108-16.
- Mrode, R.A. 2005. *Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values*. 2a. Edición. CAB International. Bibbles LTd, Guilford. United Kingdom. 344 p.

- Núñez, D. R., y A.F.A. Rodríguez. 1995. Modelos que se usan actualmente en evaluaciones genéticas nacionales. En: Memorias del curso intensivo "Introducción a la metodología de los Modelos Mixtos, aplicaciones al mejoramiento animal. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih., México.
- Palacios, J. A. L. 2011. Comparación de evaluaciones genéticas nacionales para sementales bovinos Suizo Americano Usados en México y los estados unidos de américa. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 64 p.
- Pelcastre, C. A. 2011. Estimación de efectos de interacción genotipo-ambiente para características de producción y fertilidad en ganado Holstein en México. Tesis de Maestría en ciencias. UNAM. 63 p.
- Powell, R., M. Sieber, and S. Hubbard. 2005. Understanding 2005 genetic base updates. AIPL-USA. [en línea]. Disponible en <http://www.naab-css.org/education/genbase05.html> [Consulta 21 de octubre de 2013].
- Powell, R. L., and G. R. Wiggans. 1991. Animal model evaluations for Mexican Holstein. *Journal of Dairy Science* 74: 1420-1427.
- Ramírez, V.R., A. J. A. Peralta, D. R. Núñez, F.A. Ruíz, M.J.G. García, and P.T.B. García.. 2010. Genotype by feeding system interaction in the genetic evaluation of Jersey cattle for milk yield. *Animal* 4:1971–1975.
- Robertson, A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics* 15: 469-485.

- Rodriguez, A. F. 1997. Estrategias para el establecimiento de programas de evaluación genética del ganado bovino para carne. Primer foro de análisis de los Recursos Genéticos: Ganado Bovino. México. pp 49-69.
- Rogers, G.W., G.L. Hargrove, G.L. Lawlor, and J.L. Ebbersole. 1991. Correlations among type traits and somatic cell counts. *Journal of Dairy Science* 74: 1087-1091.
- Rogers, G.W., and B.T. McDaniel. 1989. The usefulness of selection for yield and functional type traits. *Journal of Dairy Science* 72:187–192.
- SAGARPA-CGG. 2013. Adquisición de sementales bovinos en el Programa de Mejoramiento Genético en el periodo 1992 a 2007. 7 p.
- SAGARPA. 2001. Importancia de los Recursos Genéticos Pecuarios en La Producción Animal. [en línea]. Disponible en <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/091/ca091.pdf> [Consulta 10 de junio de 2013].
- Schaeffer, L. R. 1993. Linear models and computing strategies in animal breeding. University of Guelph. pp 31-42.
- Schaeffer, G. B; W. E. Vinson, R. E. Pearson, and R. G. Long. 1985. Genetic and phenotypic relationships among type traits scored linearly in Holsteins. *Journal of Dairy Science* 68: 2984–2988.
- Short, T. H., and T.J. Lawlor. 1992. Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in Holstein. *Journal of Dairy Science* 75:1978-1998.
- Stanton, T. L., R. W. Blake, R. L. Quaas, and L. D. Van Vleck. 1991a. Response to selection of United States Holstein sires in Latin America. *Journal of Dairy Science* 74: 651-664.

- Tholen, E., F.J. Store, W. Trappmann, and K. Schellander. 1998. Information management and BLUP in the pig breeding herdbook societies of North-Rhine Westfalia. A progress Report. International Workshop "Introduction of BLUP Animal Model in Pigs". Research Institute of Animal Science, Praha-Uhrineves.
- Valencia, P. M., V.H.H Montaldo, and L.F.J. Ruíz. 2008. Interaction between Genotype and Geographic Region for Milk Production in Mexican Holstein Cattle. *Archivos de Zootecnia*, 57: 457-463.
- Valencia P., M., F. J. Ruiz L., H. Montaldo V., J. F. Keown, y L. D. Van Vleck. 1999. Evaluación genética para la producción de leche en ganado Holstein en México. *Técnica Pecuaria en México* 37: 1-8.
- Vanli, Y., M.K. Ozsoy, S. Bas and A. Kaygisiz, 2005. *Populasyon ve Biyometrik Genetik*. Baski, Tekirdag.
- Van Vleck, L. D. 1987. Contemporary groups for genetic evaluations. *Journal of Dairy Science* 70:2456-2464.
- Van Vleck, L. D., y R.D. Núñez. 1992. Evaluaciones genéticas de toros y vacas lecheras con el modelo animal. *Agrociencia serie Ciencia Animal* 2: 33-57.
- Vargas, L. B., y G. Z. Gamboa. 2008. Estimación de tendencias genéticas e interacción genotipo x ambiente en ganado lechero de Costa Rica. *Técnica Pecuaria en México* 46: 371-386.
- Wiggans, G.R., N. Gengler, and J.R. Wright. 2004. Type trait (co)variance components for five dairy breeds. *Journal of Dairy Science* 87: 2324-2330.

Wolf, J., and M. Wolfová. 1998. Making models for production traits. In: International Workshop "Introduction of BLUP Animal Model in Pigs. Research Institute of Animal Production, Praha-Uhrineves, 3-5 september 1998. 37 p.

Zemp , M. 2012. Brown Swiss worldwide an overview.9<sup>th</sup> World Congress of Brown Swiss Breeders. St. Gallen, Switzerland. pp 3-4.

Zhang, W. C., J.C.M. Dekkers, G. Banos, and E. B. Burnside. 1994. Adjustment factors and genetic evaluation for somatic cell score and relationship with others traits and somatic cell counts. Journal of Dairy Science 77: 659-665.

## **CAPITULO II. ESTIMACIÓN Y ANALISIS DE LAS TENDENCIAS GENETICAS PARA PRODUCCION DE LECHE EN LA POBLACION DE GANADO SUIZO AMERICANO EN MÉXICO**

<sup>1</sup>J. Dorantes J., <sup>1</sup>J.G Herrera H., <sup>1</sup>H. Vaquera H., <sup>1</sup>A. Hernández G.,

<sup>2</sup>J. Domínguez V. y <sup>3</sup>C. Lemus F.

<sup>1</sup>*Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos- Ganadería. Montecillo, Edo. de México.*

<sup>2</sup>*Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.* <sup>3</sup>*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAN, Tepic, Nayarit.* \* suizojdj@hotmail.com

### **2.1. RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue estimar y analizar las tendencias genéticas y fenotípicas de la producción de leche en Ganado Suizo Americano en México. La información se obtuvo de la base de datos de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro; el número de lactancias y animales en el pedigrí fue de 6,219 y 153, 653. Se estimaron los parámetros genéticos y valores genéticos de los animales, para lo cual se usó un modelo animal univariado, los análisis se realizaron con el programa MTDFREML. Las tendencias genéticas y fenotípicas se estimaron obteniendo los coeficientes de regresión de las medias de mínimos cuadrados de los valores genéticos predichos por año de nacimiento de todos los animales, mediante un análisis de regresión lineal con el programa estadístico SAS. En los resultados se observa una ganancia genética anual de  $4.41 \pm 0.24$  kg año<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ) de leche y un incremento fenotípico promedio de  $141.93$  kg año<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ) de leche durante el período en estudio. La comparación de los valores de las tendencias genéticas estimadas en la variable estudiada, con las medias fenotípicas en cada año de parto, sugieren que más que el efecto favorable de la selección genética, existe un mejoramiento de los factores no genéticos.

**Palabras clave:** Tendencias genéticas, Suizo Americano, valor genético.

## 2.2. ABSTRACT

The objective of the present research was to estimate and analyze the genetic and phenotypic trends in milk production in Brown Swiss cattle in Mexico. The information was obtained from the database of the Mexican Association of Swiss Cattle Breeders Registry. Lactation number and animals in the pedigree was of 6,219 and 153, 653. Genetic parameters and breeding values of animals were estimated, for which a univariate animal model was used, the analysis were made with the program MTDFREML. The phenotypic and genetic trends were estimated through the regression coefficients of the least square means of predicted breeding values by year of birth of all animals, by a linear regression analysis with the SAS statistical program. In the results, is observed an annual genetic gain of  $4.41 \pm 0.24 \text{ kg yr}^{-1}$  ( $P < 0.05$ ) milk and an average phenotypic increase of  $141.93 \text{ kg yr}^{-1}$  ( $P < 0.05$ ) of milk at the study period. The comparison of the values of estimated genetic trends in the studied variable, with phenotypic means for each year of birth, suggests that the more favorable effect of genetic selection, there is an improvement of the factors not genetic.

**Keywords:** Genetic trends, Brown Swiss, breeding value.

### 2.3. INTRODUCCIÓN

Un programa de mejoramiento genético tiene como principal objetivo cambiar la media de las características de interés en la población mediante la selección de reproductores sobresalientes, lo cual ocasiona un cambio en la frecuencia de genes que regulan el carácter deseado. Mediante la selección se fijan ciertos alelos en la población, ocasionando un cambio en el valor genético promedio de los individuos a través del tiempo (Falconer y Mackay, 1997); por ello, las evaluaciones genéticas de los hatos de cría son indispensables para maximizar el avance genético por generación de selección.

La respuesta de un programa de selección puede ser evaluado a través de las tendencias genéticas de la población en estudio, y pueden ser estimadas mediante el cambio en los valores de cría de los animales por unidad de tiempo, cuyo magnitud determina su dirección y proyección (Hudson y Kennedy.,1985; Hossen *et al.*, 2012). Chenette *et al.*(1982) señalan que existen métodos para cuantificar los cambios causados por procesos selectivos en una población, permitiendo además la identificación de las causas responsables de estos, como resultado de las variaciones genéticas y las condiciones del ambiente, mencionando también que para predecir la ganancia genética en un determinado programa de selección, se utiliza la información contenida en los años de ejecución utilizando como herramienta la regresión del promedio de los valores genéticos por año de nacimiento o parto.

De acuerdo con algunos investigadores, la contribución de los sementales y hembras a la población, debe ser monitoreada y evaluada estimando sus tendencias genéticas, lo cual permitirá evaluar las decisiones de selección tomadas y hacer los ajustes necesarios para optimizar el progreso genético de la población (Van Vleck y Henderson, 1961; Everett *et al.*, 1976; Hintz *et al.*,1977; Burnside y Legates,1967) y Bourdon,1997).



En México, los programas de mejoramiento genético la raza Suizo Americano no están completamente estructurados y su evaluación es incipiente, siendo común que los criadores de razas puras, con el fin de mejorar el nivel productivo de sus hatos, usen de manera cotidiana material genético importado, evaluado genéticamente en su país de origen, sin considerar el cambio en la respuesta de los reproductores al cambiar de ambiente, aunque se infiere que los resultados en el nuevo ambiente serán similares a los obtenidos en la población en la cual fueron evaluados. De ahí la importancia de realizar estudios para identificar los factores genéticos y ambientales que influyen en el comportamiento productivo de la población de reproductores en los hatos nacionales y evaluar el impacto de la importación de germoplasma en sus niveles de producción.

Considerando que las evaluaciones genéticas son propias de una población de animales, de una raza y en un tiempo determinado, y que las tendencias genéticas ayudan a entender el efecto que tienen los programas de selección a través de los años, se planteó un estudio para determinar las tendencias genéticas y fenotípicas en producción de leche de la población de ganado de Suizo Americano de registro en México.

## **2.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.4.1. Origen de la Información**

La información analizada se obtuvo de las bases de datos productivos y genealógicos de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro. Los hatos participantes se localizan en la región tropical del país, de acuerdo a la información de cada criador su régimen alimenticio se basa en pastoreo y pastoreo más suplemento.

### **2.4.2. Características de la Información**

La información general acerca de los estadísticos descriptivos en los datos considerados para el análisis se muestra en el cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1.** Características generales de la variable producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano en México.

Concepto	Descripción
No. de lactancias	6,219
No. de hatos	72
Producción de leche (kg)	3321.5
Desviación estándar para producción de leche	1032.03
No. de grupos contemporáneos	489
No. de sementales en total	6207
No. de sementales con hijas	485
No. de animales en el pedigrí	153,653

### 2.4.3. Procedimiento de análisis de la información

Los registros de producción de leche fueron lactancias registradas de 1998 a 2011, estas se ajustaron a 210 días; los grupos contemporáneos se formaron considerando los efectos de hato, año y época, régimen alimenticio y número de ordeños; las épocas se definieron considerando la distribución de la precipitación y temperatura mensual durante los últimos diez años en las estaciones climatológicas más cercanas a cada rancho, definiéndose dos (junio a octubre, lluvias; noviembre a mayo, seca); se consideraron como covariable lineal y cuadrática la edad de la vaca y grado de pureza en su forma lineal. La conexión entre grupos contemporáneos se determinó usando el programa AMC (Roso y Schenkel, 2006).

Los análisis estadísticos para estimar los parámetros genéticos y para predecir los valores genéticos se realizaron utilizando el programa de máxima verosimilitud restringida, libre de derivadas y multivariado (MTDFREML, Boldman *et al.*, 1995).

El modelo utilizado fue:

$$Y = Xb + Zu + Wp + e$$

Donde: **Y** es el vector de registros de producción de leche; **b** es el vector de efectos fijos hato, año, época, régimen alimenticio y número de ordeños, más la edad de la vaca como covariable lineal y cuadrática, más grado de pureza como covariable lineal; **u** es el vector de efectos genéticos aditivos; **pe** es el vector de efectos ambientales permanentes; **e** es el vector de efectos residuales, y **X**, **Z** y **W** son matrices de incidencia relativos a registros de producción de leche de los vectores correspondientes.

Para este modelo se asumió:

$$E[Y] = Xb, E[u] = E[p] = E[e] = 0, \text{ y}$$

$$\text{var} \begin{bmatrix} u \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_u^2 & 0 & 0 \\ 0 & I_V \sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & I_N \sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

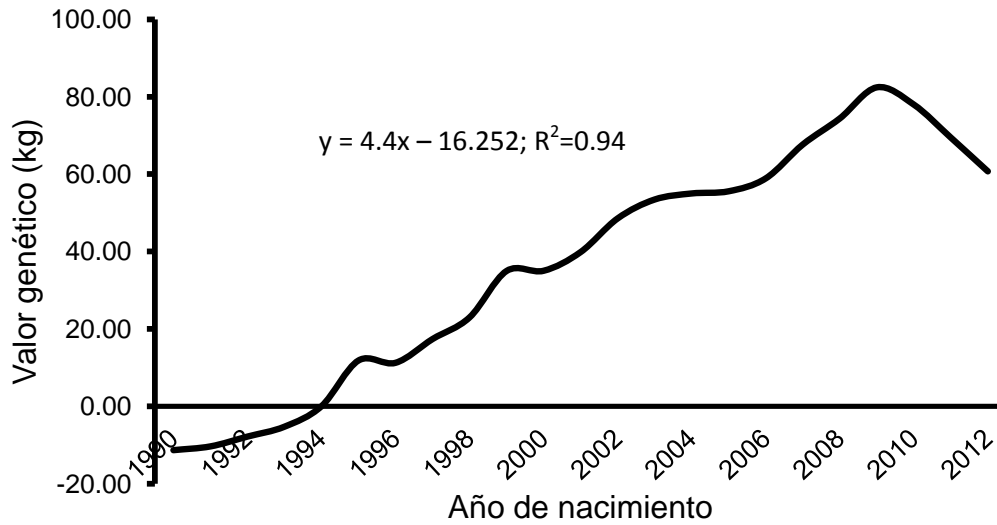
Donde, **V** es el número de vacas; **N** es el número de registros; **A** es la matriz de relaciones genéticas aditivas entre los animales; **I<sub>V</sub>** e **I<sub>N</sub>** son matrices de identidad de orden **V** y **N**.

La estimación de las tendencias genéticas y fenotípicas, se obtuvieron mediante los coeficientes de regresión de las medias de mínimos cuadrados de los valores genéticos predichos sobre los años de nacimiento y de los promedios de producción de leche ajustada a 210 días, mediante un análisis de regresión lineal con el paquete estadístico SAS, se estimaron los coeficientes de la regresión ( $\hat{a}$  en kg año<sup>-1</sup>) y se interpretaron como estimados de la tasa de incremento genético y fenotípico a lo largo de los años.

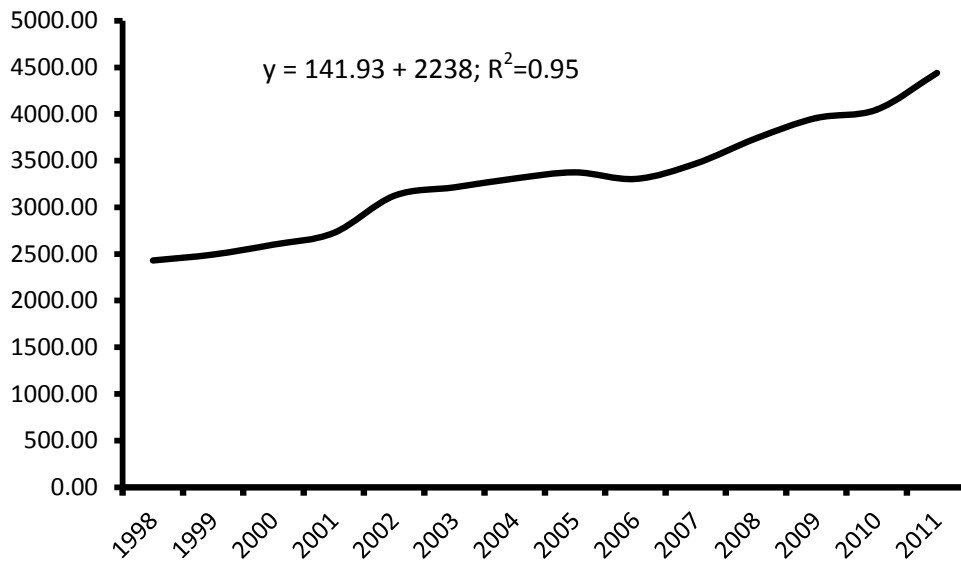
## 2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tendencias genéticas y fenotípicas para producción de leche ajustada a 210 días para la población de ganado Suizo Americano se muestran en las figuras 2.1 y 2.2, las

cuales son resultado del análisis de regresión relacionando los valores genéticos con año de nacimiento. En ellas se observa una ganancia genética anual de  $4.41 \pm 0.24$  kg ( $P < 0.05$ ) en leche, durante el período en estudio, mientras que el incremento fenotípico promedio fue de  $114.93$  kg año<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ). Lo anterior indica que la mejora observada en producción es causada principalmente por factores ambientales y en menor proporción por factores genéticos. Este incremento lineal positivo en la ganancia genética, a través de los años, indica que el uso continuo de material genético (semen, embriones, reproductores) importado, con información con valores genéticos de otras poblaciones, aunado a la selección dentro de los hatos de cría nacionales ha sido benéfico en la población. De acuerdo con Vargas y Gamboa (2008) las fluctuaciones que se observan en la tendencia genética anual probablemente se deban a una variación aleatoria o limitaciones en la estructura de los datos y a un modelo no completamente especificado, o por no considerar correcciones por heterogeneidad de varianzas entre hatos y años, punto de vista que coincide con Ibañez *et al.* (1999) quienes mencionan que los modelos utilizados en las evaluaciones genéticas usando la metodología BLUP (Best Linear Unbiased Predictor), se basan en la suposición de varianzas homogéneas, lo cual no siempre es cierta, porque múltiples factores como hato, sexo, origen geográfico, pueden causar sesgo en la predicción de los valores genéticos. La mayor pendiente de las tendencias fenotípicas en el último año podría atribuirse a factores ambientales y reducido tamaño de muestra. Al respecto, Vargas y Gamboa (2008) mencionan que lo anterior se relaciona con un desbalance de los datos, al existir un diferente número de observaciones en las subclases.



**Figura 2.1.** Tendencias genéticas de los valores genéticos predichos para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano en México.



**Figura 2.2.** Tendencias fenotípicas para producción de leche ajustada a 210 días, en ganado Suizo Americano en México.

Resultados de investigaciones similares sobre tendencias genéticas en producción de leche en poblaciones de ganado Suizo Americano, han sido estudiadas tales como los reportados por Araujo *et al.*(2003) quienes estimaron tendencias genéticas de 33.01 y 20.54 kg año<sup>-1</sup> para sementales y hembras respectivamente en Brasil, (1985 a 1998); Kaygisiz (2010) reporta un cambio genético anual de -78 kg y una tendencia fenotípica anual de 135 kg en una población de ganado Suizo Americano en Turquía (1984-1997); el laboratorio de los programas de mejoramiento genético animal de los Estados Unidos de América (AIPL, 2013) reporta ganancias genéticas anuales de leche(kg) en vacas y sementales de 38.56±2.15 y 43.90±4.45 respectivamente, durante el período 2000 a 2011; la Red Canadiense Lechera (CND, 2012) reporta ganancias genéticas anuales (kg) de 13.61 en Suizo Americano (1999 a 2009).

Comparando la magnitud de las tendencias genéticas para la variable en estudio con las de otras poblaciones estudiadas, observamos que existen diferencias; éstas de acuerdo con algunos autores son propias y normales, la discrepancia en los valores se debe a las diferencias en criterios de selección aplicados por los criadores, quienes en algunos casos contaron con la información de los valores genéticos predichos para la selección de los animales; además mencionan que las diferencias en las tendencias genéticas entre razas y variables pueden deberse a diferencias en parámetros genéticos, objetivos y metodologías específicas de selección por los criadores (Everett *et al.* (1976); Hintz *et al.*(1977); Burnside y Legates, (1967). Coincidiendo con ellos Duraes *et al.* (2001) mencionan que los valores bajos en las tendencias genéticas son un reflejo de una selección deficiente de los reproductores y a la utilización de sementales con baja precisión o a posibles interacciones, ya que el material genético proviene si bien de la misma raza, pero se trata de poblaciones diferentes. Por su parte Araujo *et al.* (2003) indican que cuando no existe orden en el mejoramiento genético trae como consecuencia valores bajos en la estimación de las tendencias, afectando con ello la elección de los futuros reproductores. De acuerdo a Ravagnolo *et al.* (2004) la ganancia genética para producción de leche está fuertemente ligada a la adopción de prácticas adecuadas para la crianza, la evolución de los métodos de evaluación genética, herramientas computacionales y técnicas modernas de reproducción.

## 2.6. CONCLUSIONES

El progreso genético para producción de leche en la población de ganado Suizo Americano en México ha sido positivo pero con valores bajos; es evidente que los aumentos promedio en la producción de leche está fuertemente influenciado por factores no genéticos tales como el manejo y la alimentación de los animales; con la identificación de los mejores sementales y hembras es posible hacer apareamientos dirigidos capaces de incrementar la frecuencia de genes responsables del aumento de la producción de leche en la población de este ganado en México.

Las tendencias genéticas son una herramienta muy útil para darle seguimiento a la mejora genética de la raza de ganado Suizo Americano en México, y es de utilidad para los criadores para medir el progreso genético; el mejoramiento de este ganado significa mejora en la población de reproductores y los beneficios directos son animales más productivos.

## 2.7. REFERENCIAS

- AIPL-USDA(Animal Improvement Programs Laboratory-United State Department of Agriculture). 2013. Bovine Genetic Trends. [en línea]. Disponible en <http://aipl.arsusda.gov/eval/summary/trend.cfm>. [Consulta 03 de agosto de 2013].
- Araújo, C. V., R. A. Torres, F. P. Renno, J. C. Pereira, C. S. Pereira, S. I. Araujo, A. T. Filho, H. C. Silva, L. N. Renno, and F. R. Kaiser. 2003. Genetic trend in productive traits to Brown Swiss breed. *Brazilian Journal of Animal Science* 32: 1872-1877.
- Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell, and S. D. Kachman. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). USDA, Agricultural Research Service. 114 p.
- Bourdon, R.M. 1997. *Understanding animal breeding*. New Jersey, USA:Prentice Hall Inc. 538 p.
- Burnside, E.B., and J. E. Legates. 1967. Estimation of Genetic Trends in Dairy Cattle Populations. *Journal of Dairy Science* 50: 1448-1457.
- CDN (Canadian Dairy Network). 2013. National Genetic Trend Tables. [En línea]. Disponible en [http://www.cdn.ca/files\\_ge\\_articles.php](http://www.cdn.ca/files_ge_articles.php) [Consulta 03 de agosto de 2013].
- Chenette, C.G., R.R. Frahm, and J.V. Whiteman. 1982. Direct and correlated responses to selection for increase weaning and yearling weights in Hereford cattle. II. Evaluation of response. *Animal Science Research Reproduction* 112: 301-307.



- Duraes, M.C., A. F. Freitas, and J. Valente. 2001. Genetic trend for milk yield and fat in Holstein herds in the state of Minas Gerais. *Brazilian Journal of Animal Science* 30: 66-70.
- Everett, R.W., J. F. Keown, and E.E. Clapp. 1976. Production and stability trends in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 59: 1532-1539.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1997. *An Introduction to Quantitative Genetics*. Addison Wesley Longman Ltd. UK. 468 p.
- Hintz, R. L., R. W. Everett, and L. D. Van Vleck. 1977. Estimation of Genetic Trends from Cow and Sire Evaluations. *Journal of Dairy Science* 61: 607-613.
- Hossen, M.S., S.S. Hossain, A. K. F. H. Bhuiyan, M. A. Hoque, and M. R. Amin. 2012. Genetic trends of some important dairy traits of crossbred cows at Baghabarighat milk shed area in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Animal Science* 41:67-73.
- Hudson, G.F.S. y B. W. Kennedy. 1985. Genetic evaluation of swine for growth rate and back fat thickness. *Journal of Animal Science* 61: 83-91.
- Ibáñez, M.A., M.J. Carabaño, and R. Alenda. 1999. Identification of sources of heterogeneous residual and genetic variances in milk yield data from the Spanish Holstein-Friesian population and impact on genetic evaluation. *Livestock Production Science* 59: 33-49.
- Kaygisiz, A. 2010. Estimates of Trends Components of 305-Days Milk Yield at Brown Swiss Cattle's. *Trends in animal & Veterinary Sciences* 1: 42-44.
- Ravagnolo, O. I; G. Rovere; A. Aguilar, y D La Buonora. 2004. Evaluación genética nacional para componentes de la leche. VIII Congreso panamericano de la leche. FEPALU Uruguay. 9 p.

- Roso, V. M., and F. S. Schenkel. 2006. AMC A computer program to assess the degree of connectedness among contemporary groups. In: Proceedings the of 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Brazil. August 13-18. Poster 27-26.
- SAS. 2009. SAS/STAT Software Release 9.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA. 1705 p.
- Vargas, L. B., y G. Z. Gamboa. 2008. Estimación de tendencias genéticas e interacción genotipo x ambiente en ganado lechero de Costa Rica. Técnica Pecuaria de México 46:371-386.
- Van Vleck, L. D., and C. R. Henderson. 1961. Measurement of genetic trend. Journal of Dairy Science 44: 1705-1710.

## CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE LA EXISTENCIA DE INTERACCIÓN GENOTIPO POR AMBIENTE PARA PRODUCCIÓN DE LECHE EN GANADO SUIZO AMERICANO EN DOS REGIONES DE MÉXICO

<sup>1</sup>J. Dorantes J., <sup>1</sup>J.G Herrera H., <sup>1</sup>H. Vaquera H., <sup>1</sup>A.Hernández G.,  
<sup>2</sup>J. Domínguez V. y <sup>3</sup>C. Lemus F.,

<sup>1</sup>*Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos- Ganadería. Montecillo, Edo. de México.*

<sup>2</sup>*Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.* <sup>3</sup>*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAN, Tepic, Nayarit.* \* [suizojdj@hotmail.com](mailto:suizojdj@hotmail.com)

### 3.1. RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la interacción genotipo por ambiente (IGA) para producción de leche en ganado Suizo Americano en dos regiones de México: trópico húmedo (TH) y trópico seco (TS). El número de lactancias y animales en el pedigrí fue de 6,194 y 11,154. Se utilizó un modelo animal y el programa MTDFREML para estimar los parámetros genéticos y predecir los valores genéticos de los animales; para determinar la interacción se realizó un análisis bivariado considerando como característica la producción de leche en las dos regiones climáticas. Se utilizaron tres criterios para determinar la presencia de IGA: magnitud del coeficiente de correlación genética entre las dos regiones, correlaciones entre los valores genéticos predichos y frecuencia de coincidencia entre los mejores sementales. La estimación del coeficiente de correlación entre las dos regiones fue de (0.10;  $P < 0.05$ ) menor que  $rg = 0.8$ , así como los componentes de varianza, sugieren una IGA biológicamente importante; el coeficiente de correlación entre los valores predichos fue de 0.21 y la frecuencia de coincidencia de 0.30 entre los 20 mejores sementales comunes indican un cambio fuerte en la jerarquización de estos de un ambiente a otro, por lo que lo ideal es escoger los mejores genotipos en cada ambiente teniendo en cuenta características de producción, reproducción y de tipo funcional, buscando la combinación óptima entre el genotipo y ambiente.

**Palabras clave:** Interacción genotipo por ambiente, trópico húmedo y seco, correlación genética, Suizo Americano

### 3.2. ABSTRACT

The objective of this study was to determine the genotype by environment interaction (GEI) for milk production in American Swiss cattle in two regions of Mexico: humid tropic (HT) and dry tropic (DT). The number of lactations and animals in the pedigree used were 6194 and 11154. An animal model and the MTDFREML program were used to estimate genetic parameters and predicted genetic values of animals, to determine the interaction was made a bivariate analysis having regard as a characteristic milk production in the two climatic regions. Three criteria were used to determine the presence of GEI: magnitude of genetic correlation coefficient between the two regions, correlations between predicted breeding values and frequency of coincidence between the top sires. The estimate of the correlation coefficient between the two regions was (0.10,  $P < 0.05$ ) lower than  $r_g = 0.8$ , well as the variance components, suggests a GEI biologically important. The correlation coefficient between the predicted values was 0.21 and frequency of coincidence of 0.30 among the 20 best sires common, means to a strong change in the ranking of sires from one environment to another, so the ideal is choose the best genotypes in each environment taking into account characteristics of production, reproduction and functional type, seeking the optimal combination between genotype and environment.

**Keywords:** genotype by environment interaction, humid and dry tropics, genetic correlation, Brown Swiss

### 3.3. INTRODUCCIÓN

El potencial genético de los animales se expresa en la medida que las condiciones ambientales lo permitan, el ambiente no modifica la constitución genética del individuo, pero sí determina la expresión de este. La posibilidad de la existencia de interacción genotipo por ambiente y su efecto en la selección de los animales no es reciente. Lush (1945) recomendó que los animales fueran evaluados en los ambientes en los que se utilizan. Debido a la evidencia de la interacción genotipo por ambiente, Falconer (1952) introdujo el concepto de correlación genética entre las manifestaciones fenotípicas del mismo rasgo en diferentes ambientes, es decir si la correlación de la misma característica expresado en diferentes ambientes, es cercano a la unidad, quiere decir que los mismos grupos de genes funcionan de manera similar, de lo contrario, es una evidencia de la interacción genotipo por ambiente, en este mismo sentido Dickerson (1977) considera que la correlación genética entre ambientes ( $r_g$ ) es el criterio más útil para evaluar la importancia de la interacción en la cría de animales.

La interacción genotipo por ambiente se define como la alteración del desempeño del fenotipo medido en dos o más ambientes diferentes. Este tipo de estudios son de mucha utilidad en programas de mejoramiento genético, existe la posibilidad de que los mejores genotipos en un ambiente no lo sean en otro (Bowman, 1972). Puede reducir el rendimiento económico de los animales cuando las condiciones ambientales en las que los animales han sido seleccionados son diferentes de las poblaciones comerciales (Dickerson, 1977). El efecto de la interacción genotipo por ambiente reduce la respuesta a la selección, con lo cual los programas de selección basado en la importación de germoplasma sean menos eficientes (Dickerson, 1962).

La cría del ganado suizo americano se basa en la importación de germoplasma principalmente de Estados Unidos y Suiza, y recientemente de Italia y Alemania, con la finalidad de incrementar la productividad de los hatos. Ante lo cual la interacción genotipo por ambiente atribuida a la distribución geográfica debe ser estudiada para determinar su impacto. Esta línea de investigación es indispensable debido al

incremento de la comercialización de material genético y su uso en diversos ambientes, por lo que el presente estudio tiene como objetivo determinar la existencia de la interacción genotipo por ambiente en las dos principales regiones geográficas de México (trópico húmedo y trópico seco), donde se cría este ganado.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.4.1. Origen de la información**

La información analizada se obtuvo de las bases de datos productivos y genealógicos de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro. Los hatos participantes se localizan en el trópico húmedo y seco del país.

Los genotipos fueron definidos como el valor genético de cada animal y de los sementales en particular por considerarse los de mayor impacto en el mejoramiento genético. Los ambientes fueron definidos como los tipos climáticos: trópico húmedo (TH) y trópico seco (TS). Para ubicar las observaciones en los tipos climáticos, se utilizó el conjunto de condiciones atmosféricas de las regiones obtenidas de las estaciones meteorológicas más cercanas a cada rancho, registradas en los últimos diez años, reportadas por el Sistema Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua (SMN, 2013).

#### **3.4.2. Características de la Información**

Los registros de producción utilizados fueron lactancias registradas durante los años 1998 a 2011; ajustadas a 210 días, los grupos contemporáneos se formaron considerando los efectos de hato, año y época, régimen alimenticio y número de ordeños; las épocas se definieron considerando la distribución de la precipitación y temperatura mensual a través de los últimos diez años en las estaciones climatológicas más cercanas a cada explotación (junio a octubre, lluvias; noviembre a mayo, seca); se

consideraron como covariables lineal y cuadrática la edad de la vaca y grado de pureza en su forma lineal. La conexión entre grupos contemporáneos se determinó usando el programa AMC (Roso y Schenkel, 2006). La información general acerca de los estadísticos descriptivos en los datos considerados para las dos regiones en estudio se muestra en el cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1.** Estadísticos descriptivos de la variable producción de leche en ganado Suizo Americano en dos regiones de México.

Concepto	Trópico Húmedo	Trópico seco
Producción de leche (kg)*	3053.26	3578.48
No. de Hatos	36	35
No. de grupos contemporáneos	229	192
No. Vacas en producción	2099	2084
No. Lactancias	3059	3135
Desviación Estándar	930.93	1049.7
No. Sementales	271	314
No. Sementales en común		101
No. Animales en el Pedigrí		11154

\* Pleche ajustada a 210 días.

### 3.4.3. Procedimiento de análisis de la información

Los análisis estadísticos para estimar los parámetros y predecir los valores genéticos de los animales, se realizaron utilizando el modelo animal univariado con efecto aleatorio, mediante el programa de máxima verosimilitud restringida, libre de derivadas (MTDFREML, Boldman *et al.*, 1995).

Primeramente se usó un modelo univariado considerando toda la información (modelo convencional). El cual fue:

$$Y = Xb + Zu + Wp + e$$

Dónde:  $\mathbf{y}$  es el vector de registros de comportamiento de producción de leche;  $\mathbf{b}$  es el vector de efectos fijos hato, año, época, régimen alimenticio y número de ordeños, más la edad de la vaca como covariable lineal y cuadrática, más grado de pureza como covariable lineal;  $\mathbf{u}$  es el vector de valores genéticos aditivos directos;  $\mathbf{p}$  es el vector de efectos de ambiente permanente de la vaca;  $\mathbf{e}$  es el vector de efectos residuales; y  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{Z}$ , y  $\mathbf{W}$  son las matrices de incidencia que asocian a los vectores correspondientes con los registros de producción.

Para este modelo se asumió:

$$E[\mathbf{Y}] = \mathbf{X}\mathbf{b}, E[\mathbf{u}] = E[\mathbf{p}] = E[\mathbf{e}] = 0, \text{ y}$$

$$\text{var} \begin{bmatrix} u \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_u^2 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{I}_V \sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{I}_N \sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Dónde:  $\mathbf{V}$  es el número de vacas;  $\mathbf{N}$  es el número de registros;  $\mathbf{A}$  es la matriz de relaciones genéticas aditivas entre los animales;  $\mathbf{I}_V$  e  $\mathbf{I}_N$  son matrices de identidad de orden  $\mathbf{V}$  y  $\mathbf{N}$ .

Con base en el modelo univariado, se estudió un modelo bivariado para la característica producción de leche, considerando el comportamiento de la misma en cada ambiente (trópico húmedo, trópico seco) como una característica diferente. En este caso, la “característica” se refiere al mismo parámetro biológico en las dos regiones climáticas (Dimov *et al.*, 1995).

La representación con matrices en el modelo bivariado fue:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 \\ \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & 0 \\ 0 & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1 \\ \mathbf{b}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & 0 \\ 0 & \mathbf{Z}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \mathbf{u}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{W}_1 \\ \mathbf{W}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{p}_1 \\ \mathbf{p}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$$



Donde:

Los subíndices **1** y **2** identifican las regiones donde se encuentran las hijas de los sementales; **y** es el vector de registros de comportamiento para la variable producción de leche; **b** es el vector de efectos fijos hato, año, época, régimen alimenticio y número de ordeños, más la edad de la vaca como covariable lineal y cuadrática, más grado de pureza como covariable lineal; **u** es el vector de valores genéticos aditivos directos; **p** es el vector de efectos de ambiente permanente de la vaca; **e** es el vector de efectos residuales; y **X**, **Z**, y **W** son las matrices de incidencia que asocian a los vectores correspondientes con los registros de producción.

#### **3.4.4. Criterios para evaluar la interacción genotipo por ambiente**

Los resultados obtenidos en el modelo bivariado fueron usados para determinar la magnitud de la interacción estudiada, mediante los tres criterios siguientes:

##### **3.4.4.1. Correlación genética en el análisis bivariado**

Los estimadores de las correlaciones genéticas ( $r_g$ ) obtenidos en los análisis para las dos regiones climáticas, fueron los indicadores de la existencia de la interacción, donde  $r_g < 0.8$  indica una interacción biológicamente importante (Robertson, 1959).

##### **3.4.4.2. Correlaciones entre los valores genéticos**

Los estimadores de la correlación de Pearson y de rango de Spearman (SAS, 2009) entre los valores genéticos predichos de los animales obtenidos con el modelo bivariado, se usó para determinar la magnitud de la interacción estudiada en la jerarquización de los valores genéticos predichos de todos los animales provenientes de la evaluación. Para determinar el impacto en la jerarquización de los animales en cada ambiente, este criterio se utilizó en todos los animales, todos los sementales y sementales comunes con progenie en cada ambiente (Robertson, 1959).

#### **3.4.4.3. Coincidencia entre los sementales con valores genéticos superiores**

La frecuencia de coincidencia (FC) se utilizó como un indicador de cambios en la jerarquía de animales genéticamente superiores. En la presente investigación sólo se calculó para los 20 sementales con valores genéticos más altos obtenidos con los análisis bivariados.

### **3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El promedio de producción de leche para trópico seco fue superior en 1.17 % (cuadro 3.2), las diferencias entre los promedios y las desviaciones estándar entre regiones son el reflejo de las diferencias climáticas propias de esos ambientes. De acuerdo a Arias *et al.* (2008) el ganado vive en constante interacción entre los complejos procesos físicos y químicos propios y el entorno que los rodea, y tanto la salud como el comportamiento son influenciados por el ambiente en el cual se desarrolla, y la forma en que afrontan estos cambios es a través de modificaciones fisiológicas y de comportamiento, provocando una alteración en su desempeño productivo.

#### **3.5.1. Correlación genética**

La estimación de la correlación genética ( **$r_g$** ) entre los dos ambientes fue de 0.10; esta correlación es  $<1.0$ , indicando la presencia de la interacción en las dos regiones climáticas donde se cría el ganado Suizo Americano, cambiando la jerarquización de los animales en los dos ambientes.

Hubo diferencias entre heredabilidades, varianzas: aditiva, permanente y residual, lo que refleja que existe variación entre reproductores, evidenciando la importancia de la evaluación entre estos; la heredabilidad en trópico húmedo fue mayor (0.22) que en el trópico seco (0.16); la varianza genética aditiva fue 1.10 % mayor que en el trópico seco, en lo que respecta a la varianza residual fue 1.4 % menor que en el trópico seco. De acuerdo a Ramírez *et al.* (2010) las diferencias en las estimaciones de varianzas y

heredabilidades en dos ambientes, consecuentemente se ve reflejado en las medias y desviaciones estándar de los valores genéticos predichos, en este estudio el ganado Suizo Americano tiene un mejor comportamiento en trópico seco; a este respecto Cerón-Muñoz *et al.* (2001) mencionan que la producción en el ganado lechero es afectado por la influencia de los efectos no genéticos y la mejora en las condiciones ambientales aumentaría la producción, los resultados concuerdan con Dong y Mao (190); Vargas y Gamboa (2008); Ramírez *et al.* (2010) que en aumento de la producción hay cambios en la varianza; cabe mencionar que el nivel de producción no es la única causa en la variación existente entre animales de un determinado ambiente. De acuerdo a Ibáñez (1996) existen menores valores de varianza genética aditiva en donde existe mayor intensidad de selección, y menores valores de varianza residual donde el manejo de los animales es homogéneo (De Veer y Van Vleck, 1987). Weigel *et al.* (1993) menciona que las diferencias en estructura y manejo de los hatos causan diferencias en las varianzas residuales, el número de registros, hatos y sementales también causan diferencias en las varianzas entre ambientes.

Las estimaciones de la varianza, heredabilidad y medias de los valores genéticos en los dos ambientes en estudio sugieren una posible heterogeneidad de varianzas, y un posible efecto de escala en las varianzas. Hill (1984) menciona que al omitir la heterogeneidad de varianzas podría causar una mayor proporción de animales que deben ser seleccionados de entre los hatos con mayor variabilidad, lo que reduce a largo plazo el progreso genético. Henderson (1984) menciona que las simplificaciones de considerar varianzas homogéneas y ausencia de interacción genotipo-ambiente, para facilitar la interpretación biológica y los procedimientos estadísticos dan como resultado evaluación genética con menor confiabilidad. Los resultados de este estudio indican que se necesita más investigación para evaluar la ventaja de ajustar las varianzas de los registros en las dos regiones. Resultados similares han sido observados por (Wiggans y Van Raden., 1991; Doderhoff y Swalen., 1998; Ibáñez *et al.*, 1999, Cerón-Muñoz *et al.*, 2001; Ramírez *et al.*, 2010).

**Cuadro 3.2.** Estimadores de varianza para efectos genéticos directos, permanentes y residuales; heredabilidades directas y correlación genética, estimados para producción de leche ajustada a 210, en ganado Suizo Americano en México.

Componentes	Trópico Húmedo	Trópico seco
Promedio de producción de leche	3053.26	3578.48
Desviación estándar	930.93	1049.7
Error estándar	16.84	18.75
Varianza aditiva	680.12	616.10
Varianza permanente	590.18	642.39
Varianza residual	186.38	268.54
Heredabilidad	0.22 ± 0.02	0.16 ± 0.03
Correlación genética	0.10 ± 0.05	

### 3.5.2. Correlación entre valores genéticos predichos

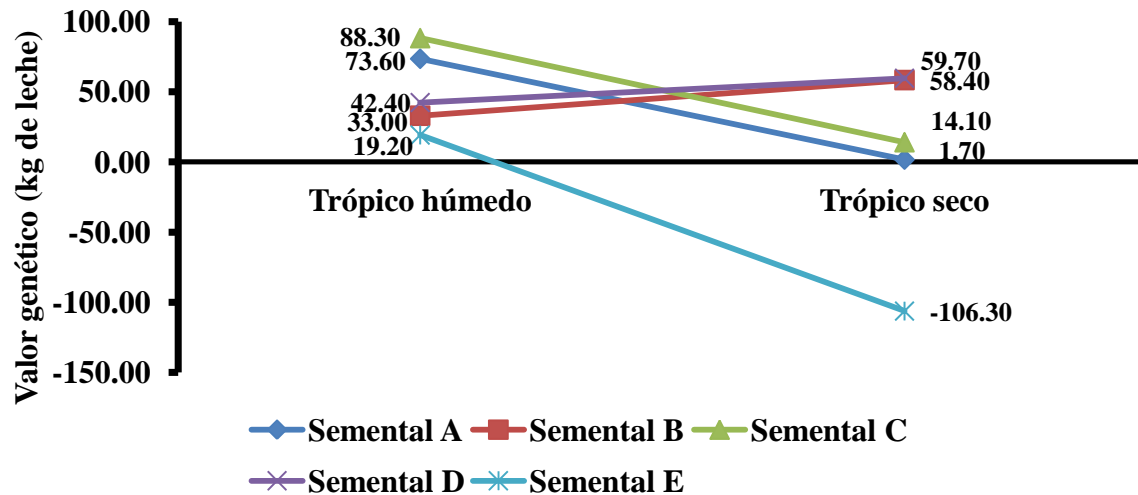
Las estimaciones de las correlaciones entre los valores predichos de los animales entre las dos regiones climáticas se muestran el cuadro 3.3. Las diferencias en los valores en los dos tipos de correlaciones fueron casi nulas a excepción de la correlación entre los sementales comunes, donde fue mucho más bajo con la correlación de Spearman, en cualquiera de los casos la correlación es menor a 0.8 propuesto por Robertson (1959) para ser considerado como biológicamente importante, esto quiere decir que los animales evaluados en las dos regiones climáticas tienen diferente jerarquización según el ambiente donde se desarrolla su progenie.

**Cuadro 3.3.** Correlación de Pearson y rango de Spearman entre los valores genéticos predichos para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano en México.

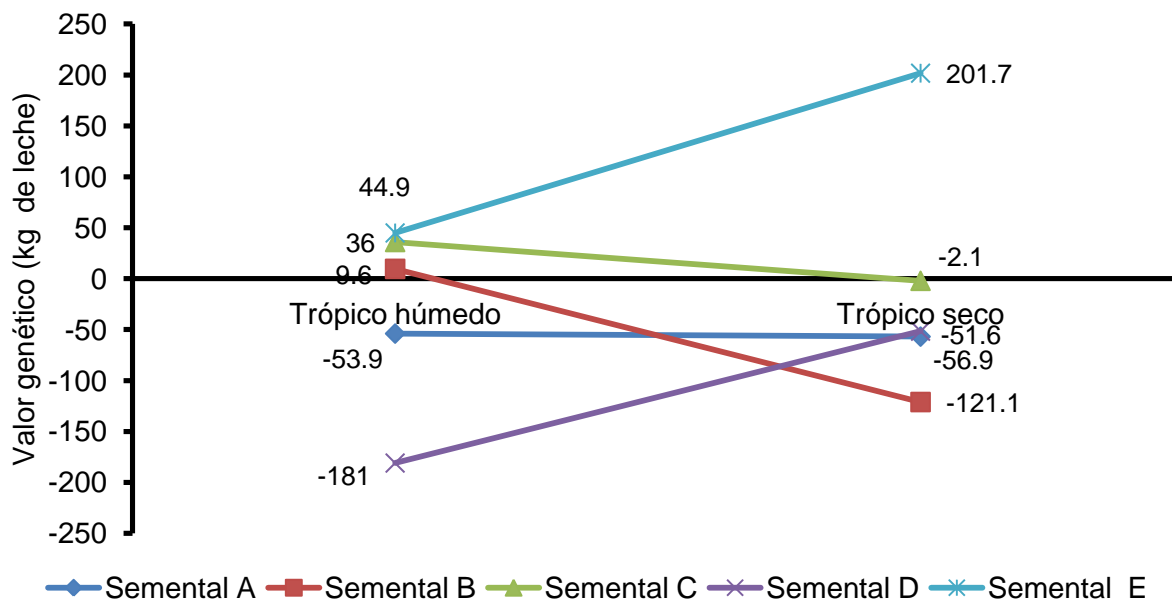
Correlación	rVGA	rVGS	Rvgsc
Pearson	0.21	0.17	0.17
Spearman	0.17	0.15	0.06

rVGA = todos los animales con valores genéticos; rVGS = todos los sementales; rVGSC= Sementales comunes entre las dos regiones

Estos valores de correlación genética evidencian que la progenie de los toros no tuvo el mismo desempeño en las dos regiones en estudio; por lo que las evaluaciones genéticas separadas para cada región pueden ser justificadas. Para ejemplificar los cambios en la jerarquización de los valores genéticos predichos de los sementales comunes y evidenciar la presencia de interacción en las figuras 3.1 y 3.2 se muestra el comportamiento de cinco sementales seleccionados aleatoriamente para cada ambiente.



**Figura 3.1.** Valores genéticos predichos de cinco sementales (seleccionados aleatoriamente) con progenie en la región climática trópico húmedo, para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano.



**Figura 3.2.** Valores genéticos predichos de cinco sementales (seleccionados aleatoriamente) con progenie en la región climática trópico seco para producción de leche ajustada a 210 días en ganado Suizo Americano.

Los cambios de jerarquía observados, apoyados por el valor de correlación genética obtenido, justifican una evaluación genética por separado para los sementales que se utilizan en las dos regiones, debido a que al usar valores genéticos obtenidos a nivel nacional puede tener menor impacto en el mejoramiento genético, estas evaluaciones deben considerar el aumento en la calidad y cantidad de información.

### **3.5.3. Coincidencia entre los valores genéticos de los mejores sementales**

La frecuencia de coincidencia entre los valores genéticos de los toros comunes dentro de los mejores 20 entre el trópico húmedo y trópico seco fue 0.30 esto implica que existe un cambio fuerte en la jerarquización de los sementales de un ambiente a otro, estos resultados concuerda con lo reportado por Mulder *et al.* (2004). En general, las bajas coincidencias entre los valores genéticos de los sementales superiores, sugieren llevar a cabo evaluaciones genéticas por separado, y de esta manera tener mayor impacto sobre el progreso genético de la población estudiada. Sin embargo, evaluaciones genéticas independientes no son posibles porque la cantidad de información disponible limita su implementación. Además, Mulder *et al.* (2004) comentan que esta opción tiene la desventaja de incrementar el número de valores genéticos disponibles para los criadores de ganado.

## **3.6. CONCLUSIONES**

Los resultados encontrados en este estudio confirman que la expresión fenotípica de la producción de leche está influenciada por la interacción genotipo por ambiente, las diferencias en la magnitud de las varianzas y correlaciones genéticas entre regiones debe tenerse en cuenta en programas de mejoramiento genético regionales.

Para el ganado Suizo Americano en México lo ideal es escoger los mejores genotipos en cada ambiente teniendo en cuenta características de producción, reproducción y de tipo funcional, buscando la combinación óptima entre el genotipo y ambiente.

### 3.7. REFERENCIAS

- Arias, R. A, T.L. Mader, y P.C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de medicina veterinaria 40: 7-22.
- Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell, and S. D. Kachman. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). USDA, Agricultural Research Service:114 p.
- Bowman, J.C. 1972. Genotype x environment interactions. Genetics Selection Evolution 4:117-123.
- Cerón-Muñoz, M. F., H. Tonhati H, y C. Costa.2001. Interacción genotipo-ambiente en ganado Holstein colombiano. Archivos Latinoamericanos en Producciónn Animal 9: 74–78.
- De Veer, J. C., and L. D. Van Vleck. 1987. Genetic parameters for first lactation milk yields at three levels of herd production. Journal of Dairy Science 70:1434-1441.
- Dickerson, G. E. 1962. Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. Animal Production 4: 47-63.
- Dickerson, G. E .1977. Genetic-environmental interaction-Background information. United States Department of Agriculture, Unpublished Mimeo. NC-1, S-10, WRCC-1 Meeting, June, 1977, Texas.
- Dimov, G., L. G. Albuquerque, J. F. Keown, L. D. Van Vleck, and L. D. H. Norman. 1995. Variance of interaction effects of sire and herd for yield traits of Holsteins in California, New York, and Pennsylvania with an animal model. Journal of Dairy Science 78:939-946.



- Dodenhoff, J., and H. H. Swalve. 1998. Heterogeneity of variances across regions of northern Germany and adjustment in genetic evaluation. *Livestock Production Science* 53:225-236.
- Dong, M. C., and I. L. Mao. 1990. Heterogeneity of (co)variance and heritability in different levels of intraherd milk production variance and of herd average. *Journal of Dairy Science* 73:843-851.
- Falconer, D. S. 1952. The problem of environment and selection. *The American Naturalist* 86: 293-298.
- Henderson, C. R. 1984. *Applications of linear models in Animal breeding*. University of Guelph. Guelph, Ont. 439 p.
- Hill WG 1984. On selection among groups with heterogeneous variance. *Animal Production* 39: 473–477.
- Ibáñez, M. A., M. J. Carabaño, and R. Alenda. 1999. Identification of sources of heterogeneous residual and genetic variances in milk yield data from the Spanish Holstein-Friesian population and impact on genetic evaluation. *Livestock Production Science* 59:33-49.
- Ibáñez, M. A. 1996. *Heterogeneidad de varianzas en la población Frisona Española*. Tesis (Doctorado), Universidad Politécnica de Madrid.173p.
- Lush, J. L. 1945. *Animal breeding plans*. Ames: Iowa State College. 454 p.
- Mulder, H. A., A. F. Groen, G. de Jong, and P. Bijma. 2004. Genotype x environment interaction for yield and somatic cell score with automatic and conventional milking system. *Journal of Dairy Science* 87: 1487-1495.

- Ramírez, V. R., J. A. Peralta-Aban, R. Núñez-Domínguez, A. Ruíz-Flores, J. G. García-Muñiz and T. B. García-Peniche. 2010. Genotype by feeding system interaction in the genetic evaluation of Jersey cattle for milk yield. *Animal* 4:1971-1975.
- Robertson, A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics* 15: 469-485.
- Roso, V. M., and F. S. Schenkel. 2006. AMC- A computer program to assess the degree of connectedness among contemporary groups. Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Belo Horizonte, Brazil, pp 13–18.
- SAS. 2009. SAS/STAT Software Release 9.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA. 1705 p.
- SMN (Sistema Meteorológico Nacional). 2011. Normales climatológicas. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx>. Consultada el 15 de junio de 2013.
- Vargas, L. B., and Z. G. Gamboa. 2008. Genetic trends, genotype-environment interaction and inbreeding in Holstein and Jersey dairy cattle from Costa Rica. *Técnica Pecuaria de México* 46: 371–386.
- Weigel, K.A., D. Gianola, B. S. Yandell, and J. F. Keown. 1993. Identification of factors causing heterogeneous within-herd variance components using a structural model for variance. *Journal of Dairy Science* 76:1466-1478
- Wiggans G. R. and P. M. Van Raden. 1991. Method and effect of adjustment for heterogeneous variance. *Journal of Dairy Science* 74:4350-4357.

## CAPITULO IV. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE TIPO EN GANADO SUIZO AMERICANO EN MÉXICO

<sup>1</sup>J. Dorantes J., <sup>1</sup>J. G Herrera H., <sup>1</sup>H. Vaquera H., <sup>1</sup>A. Hernández G.,

<sup>2</sup>J. Domínguez V. y <sup>3</sup>C. Lemus F.

<sup>1</sup>*Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos- Ganadería. Montecillo, Edo. de México.*

<sup>2</sup>*Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.* <sup>3</sup>*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAN, Tepic, Nayarit.*

### 4.1. RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue estimar los componentes de varianza y heredabilidades de 17 rasgos de conformación del ganado Suizo Americano en México. Se analizaron los registros de calificación por tipo de 1291 vacas en 81 hatos, que incluían los siguientes rasgos: puntuación final, estatura, fortaleza, profundidad corporal, tipo lechero, ángulo de grupa, ancho de grupa, inserción anterior de la ubre, altura y ancho posterior de la ubre, ligamento suspensorio, profundidad de ubre, colocación de pezones, tamaño de pezones, patas traseras vista posterior y lateral y ángulo de pezuña. Para la estimación de los parámetros genéticos se utilizó el programa MTDFREML, utilizando un modelo univariado y bivariado que incluyeron el efecto fijo hato-año-época de clasificación, el efecto aleatorio animal y la covariable edad de la vaca al momento de la clasificación en sus formas lineal y cuadrática. Los resultados mostraron que la heredabilidad de las características corporales oscilaron entre 0.13 a 0.30; las de la ubre entre 0.08 a 0.34 y las de movilidad de 0.11 a 0.23. La magnitud de la correlación genética entre colocación y tamaño de pezones fue de -0.99 y de 0.99 entre ancho de grupa con ángulo de la pezuña e inserción anterior de la ubre; también existió una alta correlación (0.96) entre estatura con ángulo de pezuña, inserción anterior y profundidad de ubre.

**Palabras Clave:** calificación tipo, Suizo Americano, heredabilidad, correlación genética.

## 4.2. ABSTRACT

The objective of this study was to estimate variance components and heritability of conformation traits 17 of Brown Swiss cattle in Mexico, were analyzed the records of 1291 cows in 81 herds, scored from 2001 to 2011, the characteristics included in the analysis were: final score, stature, strength, body depth, dairy form, rump angle, thurl width, fore udder attachment, rear udder height, rear udder width, udder cleft, udder depth, teat placement, teat length, rear legs (rear view), rear legs (side view) and foot angle. To estimate genetic parameters MTDFREML program was used, used univariate and bivariate models that included the fixed effect herd-year-season classification, the random effect animal and the covariate age of the cow at time of classification in their forms linear and quadratic. The results showed that the heritability of body characteristics ranged from 0.13 to 0.30, between 0.08 to 0.34 for udder and from 0.11 to 0.23 for mobility. The magnitude of the genetic correlation between teat placement and length was -0.99 and 0.99 between thurl rump with: foot angle, fore udder attachment and udder depth, there was a high correlation of 0.96 between stature-foot angle and fore udder attachment with udder depth.

**Keywords:** Type score, Brown Swiss, heritability, genetic correlation

### 4.3. INTRODUCCIÓN

La raza de Ganado Suizo Americano, es una de las de mayor difusión en el mundo, es la segunda en importancia por su producción de leche; en México se cría principalmente en la región tropical (García, 2002) cuya extensión es 20.15 millones de hectáreas; sus programas de selección se han basado además de la producción de leche en características de tipo, buscando incrementar la vida productiva de los animales. Sin embargo, una mayor intensidad de selección por producción de leche puede ocasionar una disminución en el mérito de algunos de estos rasgos e influir en la salud de las vacas (DeGroot *et al.*, 2002; Pérez-Cabal *et al.*, 2006; Lagrota *et al.*, 2010); coincidiendo con ello Rogers y McDaniel (1989) y Misztal *et al.* (1992), quienes además mencionan que las mediciones de tipo pueden ayudar a los criadores a seleccionar vacas rentables y funcionales. Meyer *et al.* (1987) indican que los rasgos de tipo tienen heredabilidades de medianas a altas. Schaeffer *et al.* (1985) y Wiggans *et al.* (2004) señalan que estas observaciones se obtienen en una sola medición, son confiables y relativamente fáciles de obtener y puede ser incluida en un índice de selección. En este contexto, los rasgos de tipo tienen una influencia directa en el manejo de los animales y se relacionan con la rentabilidad del hato (Berry *et al.*, 2005; Daliri *et al.*, 2008), sugiriendo que este tipo estudios se orientan a reducir el desecho involuntario y selección de animales longevos.

En la actualidad, en algunos países estos rasgos se asocian con características productivas y se utilizan como criterio de selección (Pribyl *et al.*, 2004; Miglior *et al.*, 2005). La estimación de sus parámetros genéticos se ha efectuado en poblaciones de ganado Holstein en Estados Unidos de América, Canadá, Francia, España, Irán, Republica Checa, Turkia y Brasil (Short y Lawlor, 1992; Klassen *et al.*, 1992; Rupp y Boichard, 1999; Perez-Cabal y Alenda, 2002; Toghiani, 2011; Newmcova *et al.*, 2011; Serdar *et al.*, 2012; Viegas *et al.*, 2012). En ganado Suizo Americano los estudios recientes se han efectuado en Brasil, Estados Unidos de América, Italia y Eslovenia (Renno *et al.*, 2003; Wiggans *et al.*, 2006; Samore *et al.*, 2010; Spehar *et al.*, 2012); en

México, estos estudios son escasos, mencionándose los realizados por Pérez y Ruiz (1998) y Valencia *et al.* (2008).

La estimación de parámetros genéticos de los rasgos de tipo es necesaria para la aplicación de los programas de selección, considerando la importancia económica de la raza y que no existen estudios de este tipo, se realizó una investigación cuyo objetivo fue estimar componentes de varianza, heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas, entre 17 rasgos de tipo lineal en ganado Suizo Americano en México.

#### **4.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **4.4.1. Características de la información**

La información analizada se obtuvo de las bases de datos de conformación y genealógica de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro, que incluía los registros de tipo de 1291 vacas, entre 45 y 180 días en producción, provenientes de 81 hatos, obtenidos de 2001 a 2011; el archivo de pedigrí analizado fue de 6,107 animales.

Se estudiaron 17 características, de las cuales seis fueron de rasgos corporales: estatura, fortaleza, profundidad corporal, tipo lechero, ángulo de la grupa, ancho de grupa; siete caracteres de la ubre: inserción anterior de la ubre, altura posterior de la ubre, ancho posterior de la ubre, ligamento suspensorio medio, profundidad de ubre, colocación de pezones, tamaño de pezones; tres de movilidad: patas traseras vista anterior, patas traseras vista lateral, ángulo de pezuña y puntuación final. El sistema de clasificación se basó en mediciones directas y / o visual de la morfología de las vacas, expresadas en una escala de calificación de 1 a 9 puntos.

#### 4.4.2. Procedimiento de análisis de la información

Para los análisis de los registros de conformación, se formaron grupos contemporáneos considerando los efectos de hato, año y época de clasificación; las épocas se definieron según distribución de la precipitación y temperatura mensual ocurrida en los últimos diez años (junio a octubre, lluvias; noviembre a mayo, seca); se consideró como covariable la edad de la vaca al momento de la evaluación en sus formas lineal y cuadrática.

Los análisis estadísticos para estimar los parámetros genéticos se realizaron utilizando el programa de máxima verosimilitud restringida, libre de derivadas univariado (MTDFREML, Boldman *et al.*, 1995). Cuyo modelo expresado en forma matricial fue:

$$Y = Xb + Zu + e$$

Dónde: **y** es el vector de registros de comportamiento para cada variable de tipo; **b** es el vector de efectos fijos, que incluyó la subclase hato-año-época, más la edad de la vaca como covariable lineal y cuadrática; **u** es el vector de valores genéticos aditivos directos; **e** es el vector de efectos residuales; y **X**, **Z**, son las matrices de incidencia que asocian a los vectores correspondientes con los registros de tipo.

Para este modelo se asumió:

$$E[Y] = Xb, E[u] = E[e] = 0, y$$

Al efectuar los análisis se asumió que los elementos de “**u**” y “**e**” se distribuyeron normalmente y no estaban correlacionados.

Para determinar las correlaciones genéticas y fenotípicas, se utilizó un modelo bivariado que asocio a las 17 características.

La representación con matrices del modelo bivariado fue:

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

Dónde: los subíndices **1** y **2** identifican la característica a comparar, **y** es el vector de registros de comportamiento para cada variable de tipo; **b** es el vector de efectos fijos, que incluyó la subclase hato-año-época, más la edad de la vaca como covariable lineal y cuadrática; **u** es el vector de valores genéticos aditivos directos; **e** es el vector de efectos residuales; y **X**, **Z**, son las matrices de incidencia que asocian a los vectores correspondientes con los registros de tipo.

#### 4.5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores promedio para los 16 caracteres de tipo lineal oscilaron entre 5.16 y 6.39, juzgando a las vacas de acuerdo a su puntuación, cercana o alejada de lo recomendado para la raza suizo americano (cuadro 4.1). La utilización de una escala de 1 a 9 puntos significa que las puntuaciones ideales de los rasgos de tipo lineal, son aquellas que superan el valor de 5 para algunas características. Sin embargo, para otras como el ángulo de la grupa, vista lateral de las patas traseras, profundidad de la ubre y tamaño de pezones, las puntuaciones altas no es lo mejor, ya que lo deseable en estos casos es una puntuación intermedia (ICAR, 2009). Un ejemplo de las puntuaciones altas es el tamaño corporal (Misztal *et al.*, 1992; Short y Lawlor, 1992), especialmente estatura; durante muchos años, se creyó que las vacas más productivas eran las que tenían un mayor tamaño, sin embargo, Berry *et al.* (2005) al evaluar hatos de ganado lechero, evidenciaron que esto no es estrictamente cierto, ya que los animales pequeños pueden producir eficientemente como los de mayor tamaño.



**Cuadro 4.1.** Medias y desviaciones estándar de los rasgos de conformación en ganado Suizo Americano en México.

Característica	Abreviatura	Ideal	Media	Desviación estándar	Escala para el tipo de rasgo	
					1	9
Estatura	EST	9	5.83	1.69	Bajo	Alto
Fortaleza	FORT	9	5.50	1.63	Estrecho y frágil	Ancho y fuerte
Profundidad	PROF	7	5.88	1.72	Poco profundo	Profundo
Tipo lechero	TL	9	6.39	1.73	Poca angulosidad	Muy angulosa
Ángulo de la grupa	AG	5	5.36	1.27	Pins altos	Inclinados
Ancho de grupa	ANCG	9	5.84	1.46	Estrecho	Ancho
Patas traseras vista posterior	PTVA	5	5.65	1.44	Pezuña hacia afuera	Patas paralelas
Patas traseras vista lateral	PTVL	5	5.37	1.02	Rectas	Hacia adentro
Ángulo de pezuña	AP	7	5.19	1.41	Angulo muy bajo	Muy fuerte
Inserción anterior de la ubre	IAU	9	5.90	1.95	Débil y floja	Fuerte
Altura posterior de la ubre	APU	9	5.49	1.58	Bajo	Alto
Ancho posterior de la ubre	ANPU	9	5.43	1.75	Estrecho	Ancho
Ligamento medio	LM	9	5.52	1.53	Débil	Fuerte
Profundidad de la ubre	PU	5	6.12	2.45	Debajo del corvejón	Poco profunda
Colocación de pezones	CPEZ	5	5.34	1.50	Abiertos	Cercanos
Tamaño de pezones	LPEZ	5	5.99	1.48	Cortos	Largos
Puntuación final	PF	94	85.10	4.19		

#### 4.5.1. Heredabilidad de las características

Las estimaciones de los parámetros genéticos se muestran en el cuadro 4.2. Las características de movilidad tienen heredabilidades que van de 0.11 a 0.23; las del sistema mamario van de 0.08 a 0.34, las corporales se sitúan entre 0.11 a 0.30. Las magnitudes de estos valores indican que una proporción considerable de la variación fenotípica se produce debido a las diferencias en los genes con efectos aditivos y que existe mejora genética en respuesta al proceso de selección (Renno *et al.*, 2003). Las heredabilidades más altas y por lo tanto, las que tendrían mayor respuesta a los programas de selección son colocación de pezones (0.34), estatura (0.30), tamaño de pezones (0.26), y patas traseras vista posterior (0.23). Estos resultados confirman los valores de 0.42 y 0.38, reportados por (Misztal *et al.*, 1992; Daliri *et al.*, 2008) para estatura y de Rupp y Boichard (1999) para colocación de pezones (0.30).

Las heredabilidades bajas (0.08, 0.08, 0.11) registradas para el ancho posterior de la ubre, profundidad de ubre y ángulo de la pezuña son similares a los descritos por Short *et al.* (1991); Spehar *et al.* (2012) y Viegas *et al.* (2012) lo que se traduce en poca respuesta a la selección. Este resultado muestra la importancia de los efectos ambientales y los efectos genéticos no aditivos en la variación total de estas características. Un ejemplo puede ser la influencia de algunos factores ambientales en el ángulo de la pezuña, es decir al recortar la pezuña y mejorar la calidad o tipo de piso en el cual las vacas se encuentran, puede ser una forma más rápida de mejorar este rasgo (Viegas *et al.*, 2012). La heredabilidad de 0.23 para la puntuación final significa que, las respuestas moderadas a la selección se pueden lograr por diversos rasgos de tipo. La puntuación final refleja la armonía genética entre los 16 rasgos de tipo y sugiere que pueden ser utilizados como criterio de selección para promover mejoras. Esta estimación fue diferente a los obtenidos en estudios previos por (Moreno *et al.*, 1979; Renno *et al.*, 2003; Samore *et al.*, 2010) para poblaciones de vacas Suizo Americano, reportando valores de 0.43, 0.18 y 0.29 respectivamente.

Los análisis confirman la expectativa de bajos valores de heredabilidad para movilidad, valores intermedios para el sistema mamario y parámetros más altos para los rasgos corporales. Tendencias similares fueron reportados por Pérez-Cabal *et al.* (2006); Schaeffer *et al.* (1985); Short *et al.* (1991); Harris *et al.* (1992); Wiggans *et al.* (2006). De acuerdo a Renno *et al.* (2003) y Nemcova *et al.* (2011) las diferencias en los valores de los parámetros genéticos entre los estudios realizados, se debe a que se trata de poblaciones de ganado diferentes, las estimaciones pueden variar significativamente según la raza, el tamaño de la población, el sistema de clasificación y el modelo utilizado, por lo que las comparaciones entre los estudios deben realizarse con precaución.

**Cuadro 4.2.** Varianzas genéticas y residuales, heredabilidad estimadas de los rasgos de tipo en ganado Suizo Americano en México.

Característica	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_e$	$h^2$	EE
Estatura	0.60	1.41	0.30	0.05
Fortaleza	0.40	1.52	0.21	0.03
Profundidad corporal	0.30	1.60	0.16	0.04
Tipo lechero	0.22	1.46	0.13	0.04
Ángulo de la grupa	0.30	1.07	0.22	0.02
Ancho de grupa	0.20	0.17	0.15	0.03
Patas traseras vista posterior	0.37	1.27	0.23	0.04
Patas traseras vista lateral	0.19	0.76	0.20	0.03
Ángulo de pezuña	0.16	1.25	0.11	0.04
Inserción anterior de la ubre	0.83	2.97	0.22	0.05
Altura posterior de la ubre	0.56	1.98	0.22	0.02
Anchura posterior de la ubre	0.15	1.66	0.08	0.03
Ligamento medio	0.24	1.81	0.12	0.03
Profundidad de la ubre	0.45	4.99	0.08	0.02
Colocación de pezones	0.61	1.16	0.34	0.05
Tamaño de pezones	0.46	1.33	0.26	0.04
Puntuación Final	0.11	0.35	0.23	0.03

$\sigma^2_a$  = Varianza genética;  $\sigma^2_e$ =Varianza residual;  $h^2$  = Heredabilidad; EE=Error Estándar

#### 4.5.2. Correlaciones genéticas y fenotípicas

Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre los caracteres de tipo registrados se muestran en el cuadro 4.3. Las correlaciones genéticas variaron de -0.99 en colocación de pezones y tamaño de pezones, a 0.99 entre el ancho de grupa con inserción anterior de la ubre y ángulo de la pezuña. Existe una alta asociación entre ancho de grupa con: patas traseras vista posterior, ángulo de la pezuña, inserción anterior y altura posterior de la ubre (0.73, 0.99, 0.99 y 0.94, respectivamente), lo cual indica que vacas con grupas anchas y bien niveladas, tienen buena movilidad y buenas ubres. El tipo lechero está altamente correlacionada con inserción anterior de la ubre, altura posterior de la ubre, ancho posterior de la ubre, profundidad de ubre y colocación de pezones (0.61, 0.96, 0.50, 0.48, 0.93 y 0.48) respectivamente, confirmando con ello que las características de ubre están correlacionadas positivamente con el temperamento lechero, existiendo una dependencia genética y ambiental entre ellos. Investigaciones realizadas en las últimas décadas indican que de todos los rasgos de tipo, las de la ubre son las que deben recibir un mayor énfasis en los índices de selección para proporcionar un efecto positivo en la longevidad y aumentar la vida productiva de las vacas (Viegas *et al.*, 2012; Short y Lawlor, 1992; Sewalem *et al.*, 2004).

En general se observa una correlación positiva de 0.28 a 0.96 entre la puntuación final y los demás rasgos. El uso de toros con puntuación final alta, ayuda a la selección por estatura, fortaleza, profundidad, tipo lechero, ángulo de la grupa, ancho de grupa, patas vista posterior y lateral, ángulo de la pezuña y características de ubre a excepción del tamaño de pezones. De acuerdo con Schneider *et al.* (2003) y Sewalem *et al.* (2004) vacas con puntuaciones finales altas tienden a ser más longevas.

Las correlaciones fenotípicas fueron de menor magnitud, siguiendo la misma tendencia, encontrándose valores que van de -0.24 entre patas traseras vista lateral y puntuación final, a 0.63 entre profundidad corporal y fortaleza; cabe mencionar la correlación existente entre el ancho de grupa con estatura; fortaleza y profundidad corporal son de

mediana a baja magnitud (0.39, 0.49 y 0.46) respectivamente. La puntuación final tiene la misma tendencia que la correlación genética con valores que van de -0.24 a 0.46, valores altos no significan necesariamente superioridad de las vacas, lo más deseable son valores intermedios (Viegas *et al.*, 2012).

Estudios realizados con ganado lechero muestran la misma tendencia a la observada en este estudio, así Wright *et al.* (2013) reportó que la movilidad en ganado Suizo Americano tiene una alta correlación genética con: puntuación final, patas traseras vista lateral, ancho posterior de la ubre y ángulo de pezuña (0.78, 0.74, 0.52 y 0.51). Spehar *et al.* (2012) estimaron correlaciones genéticas de (0.99) a valores negativos de (-0.41) para estructura, forma y movilidad, así mismo, para características de ubre los valores fueron de moderadas a altas (0.24 a 0.97). Viegas *et al.* (2012) reportan correlaciones genéticas entre los rasgos de la grupa y movilidad valores negativos bajos a positivos moderados, y valores cercanos a cero; las características que conforman el sistema mamario en general fueron positivas con los demás rasgos, las más altas fueron entre la profundidad de la ubre e inserción anterior de la ubre (0.59) y textura de ubre con ligamento medio (0.74). Toghiani (2011) registró correlaciones con vacas de primer parto de (-0.75) entre patas vista posterior y patas vista lateral; entre la inserción anterior de la ubre y profundidad de la ubre (0.72); adicionalmente observó correlaciones altas como: angulosidad con profundidad del cuerpo (0.41), profundidad del cuerpo con: ancho de grupa y estatura (0.56, 0.50), ancho de grupa con la estatura (0.56) y el ligamento suspensorio medio con estatura (0.42); en este mismo estudio angulosidad y profundidad se correlacionan negativamente con características de la ubre incluyendo inserción anterior de la ubre, altura posterior de la ubre y profundidad de la ubre, vacas grandes y profundas tienen una excelente inserción de anterior de la ubre, por lo que esta tendrá una distancia adecuada del corvejón, consecuentemente la probabilidad de mastitis podría ser baja. Nemcova *et al.* (2011) reportan variación entre correlaciones genéticas de (-0.67) entre el ángulo de la pezuña y patas traseras vistas de lado, a (0.75) entre la inserción anterior de la ubre y profundidad de la ubre; animales con patas rectas tienden a tener más pronunciado el ángulo de la pezuña. Adicionalmente las características del sistema mamario están altamente

correlacionadas con valores que van de 0.51 a 0.70; por lo que animales que tienen ubres anchas y altas, tienden a ser angulosas. Samore *et al.* (2010) estimaron correlaciones genéticas de (0.23 a 0.84) entre los rasgos corporales (estatura, fortaleza, profundidad, angulosidad, línea dorsal superior y ancho de grupa) esto se traduce en vacas bien balanceadas, también mencionan que animales angulosos presentan buenas características de movilidad y tienen una ubre bien formada con correlaciones entre angulosidad, ubre y movilidad de 0.35 a 0.75.

**Cuadro 4.3.** Correlaciones genéticas (arriba de la diagonal) y correlaciones fenotípicas (debajo de la diagonal) entre los rasgos de tipo lineal en ganado Suizo Americano en México.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 CF		0.79	0.41	0.51	0.89	-0.53	0.76	0.67	-0.17	0.80	0.84	0.64	0.96	0.28	0.32	0.39	-0.71
		±0.10	±0.15	±0.14	±0.11	±0.30	±0.16	±0.15	±0.19	±0.18	±0.33	±0.21	±0.15	±0.11	±0.09	±0.12	±0.29
2 EST	0.22		0.37	0.43	0.53	-0.06	0.70	0.53	-0.52	0.96	0.96	0.81	0.23	0.19	0.96	0.18	-0.46
			±0.10	±0.13	±0.11	±0.25	±0.22	±0.14	±0.21	±0.15	±0.14	±0.10	±0.12	±0.07	±0.16	±0.10	±0.13
3 FORT	0.37	0.38		0.95	-0.07	0.02	0.97	0.84	-0.61	0.49	0.96	0.15	0.03	-0.44	-0.14	0.20	-0.22
				±0.21	±0.22	±0.15	±0.20	±0.18	±0.25	±0.16	±0.14	±0.05	±0.14	±0.18	±0.21	±0.17	±0.16
4 PROF	0.43	0.39	0.63		0.44	-0.43	0.82	0.85	-0.69	0.60	0.76	0.25	0.62	-0.08	0.17	0.20	-0.29
					±0.18	±0.23	±0.13	±0.11	±0.25	±0.16	±0.14	±0.11	±0.19	±0.22	±0.06	±0.11	±0.23
5 ANG	0.25	0.19	-0.15	0.07		-0.13	0.15	-0.38	-0.70	0.49	0.61	0.96	0.50	0.48	0.93	0.48	-0.55
						±0.26	±0.04	±0.28	±0.19	±0.11	±0.10	±0.22	±0.14	±0.09	±0.17	±0.14	±0.27
6 AG	-0.10	-0.08	-0.08	-0.06	-0.05		-0.39	-0.39	0.67	-0.65	-0.44	-0.49	-0.93	0.11	-0.08	-0.69	0.43
							±0.31	±0.25	±0.16	±0.13	±0.20	±0.18	±0.29	±0.08	±0.21	±0.13	±0.11
7 ANCG	0.29	0.39	0.49	0.46	0.03	-0.16		0.73	-0.88	0.99	0.99	0.94	0.25	-0.45	0.39	0.3	-0.56
								±0.16	±0.33	±0.21	±0.17	±0.18	±0.11	±0.19	±0.09	1±0.12	±0.22
8 PTVA	0.21	0.06	0.18	0.15	0.10	-0.02	0.13		-0.87	0.57	0.80	0.47	0.73	0.27	-0.08	-0.41	0.04
									±0.14	±0.19	±0.17	±0.11	±0.14	±0.11	±0.19	±0.22	±0.13
9 PTVL	-0.24	0.01	-0.16	-0.07	0.18	-0.06	-0.05	-0.16		-0.45	-0.03	0.06	-0.87	0.25	0.42	0.54	-0.02
										±0.13	±0.21	±0.12	±0.29	±0.04	±0.18	±0.15	±0.18
10 AP	0.15	0.02	0.19	0.08	-0.12	-0.07	0.09	0.31	-0.03		0.97	0.93	0.92	-0.26	-0.28	-0.27	-0.11
											±0.21	±0.19	±0.12	±0.23	±0.34	±0.03	±0.31
11 IAU	0.36	-0.19	0.02	0.07	-0.17	-0.12	0.05	-0.04	-0.16	0.02		0.93	0.34	-0.65	0.26	0.89	-0.95
												±0.20	±0.16	±0.33	±0.07	±0.14	±0.31
12 APU	0.37	-0.19	0.05	0.08	0.10	-0.03	0.09	0.12	-0.15	-0.02	0.27		0.61	0.51	0.12	0.69	-0.05
													±0.12	±0.10	±0.04	±0.15	±0.27
13 ANPU	0.42	0.05	0.14	0.10	0.21	-0.02	0.11	0.07	-0.03	-0.03	0.14	0.55		0.95	-0.12	0.57	-0.30
														±0.26	±0.26	±0.21	±0.31
14 LMS	0.10	-0.11	0.09	0.02	-0.07	-0.02	0.06	-0.02	-0.09	0.03	0.26	0.13	0.04		-0.68	-0.19	0.33
															±0.12	±0.25	±0.10
15 PU	-0.05	-0.19	-0.08	-0.13	-0.20	-0.06	-0.12	-0.05	-0.07	0.04	0.27	0.08	-0.04	0.12		0.48	0.30
																±11	±0.12
16 CP	0.29	-0.01	0.06	0.06	-0.06	0.14	0.06	0.14	-0.21	0.12	0.12	0.07	0.06	0.24	0.10		-0.99
																	±0.31
17 TP	-0.03	0.24	0.05	0.11	0.10	-0.05	0.16	0.01	0.02	-0.07	-0.01	-0.10	0.01	-0.05	-0.17	-0.02	

CF=Calificación final; EST=estatura; FORT=fortaleza; PROF= Profundidad; TL=tipo lechero lechera; AG=ángulo de grupa; ANCG=ancho de grupa; PTVA=patas traseras vistas de Atrás; PTVL=patas traseras vistas de lado; AP=ángulo de pezuña; IAU=inserción anterior de la ubre; APU=altura posterior de la ubre; ANPU=ancho posterior de la ubre; LMS=ligamento medio central; PU=profundidad de ubre; CP=colocación de pezones; TP=tamaño de pezones

#### **4.6. CONCLUSIONES**

Las estimaciones de heredabilidad para características de tipo fueron de bajos a moderados y sus correlaciones genéticas en general fueron positivas, por lo que la información generada en este estudio podría utilizarse como criterio para construir índices de selección específicos, que reflejen la conformación óptima de las vacas lecheras en términos de longevidad funcional. Aun cuando estas estimaciones pueden ser la base para la evaluación de los animales con rasgos múltiples de tipo y para estudiar la respuesta a la selección de estas; es recomendable incluir una mayor cantidad de información para mejorar las estimaciones de heredabilidad y correlaciones de tipo en la población de ganado Suizo Americano en México.



#### 4.7. REFERENCIAS

- Berry, D.P., L. B. Harris B, and M. A. Winkelman. 2005. Phenotypic associations between traits other than production and longevity in New Zealand dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 88: 2962-2974.
- Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell, and S. D. Kachman. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). USDA, Agricultural Research Service:114 p.
- Daliri, Z., S. H. Hafezian, and A. Shad Parvar. 2008. Genetic relationships among longevity, milk production and linear type traits in Iranian Holstein Cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 7:512-515.
- DeGroot, B. J., F. Keownj, and L. D. Van Vleck. 2002. Genetic parameters and responses of linear type, yield traits, and somatic cell scores to divergent selection for predicted transmitting ability for type in Holsteins. *Journal of Dairy Science* 85: 1578-1585.
- García, M. J. G. 2002. Características distintivas de la raza suizo y sus objetivos de producción. Memoria: segundo taller importancia, interpretación y usos de las evaluaciones genéticas en ganado suizo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 17-19 de enero de 2002. México. pp.-1-11.
- Harris, B.L., A. E. Freeman, E. Metzger.1992. Genetic and phenotypic parameters for type and production in Guernsey dairy cows. *Journal of Dairy Science* 75:1147–1153.
- ICAR (International Committee for Animal Recording). 2009. International agreement of recording practices. Approved by the General Assembly held in Niagara Falls, USA, on 18 June. 2008.

- Klassen, D.J., H. G. Monardes, and L.1992. Genetics correlations between life production and linearized type in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 75: 2272-2282.
- Lagrotta, M. R; R.F. Euclides, and R. S Verneque.2010. Relacao entre características morfológicas e produção de leite em vacas da raça Gir. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45:423-429.
- Meyer, K., S. Brotherstone, M. R. Edwards, and W. G. Hill. 1987. Inheritance of linear type traits in dairy cattle and correlations with milk production. *Animal Production* 44: 1–10.
- Miglior, F., B. L. Muir, and B. J. Van Doormaal.2005. Selection indices in Holstein cattle of various countries. *Journal of Dairy Science* 88:1255-1263.
- Misztal, I., T. J. Lawlor, T. H. Short, and P. M. VanRaden. 1992. Multiple-trait estimation of variance components of yield and type traits using an animal model. *Journal of Dairy Science* 75: 544–554.
- Moreno, A. M., G. R. Wiggans, and L. D. Van Vleck. 1979. Genetic and Herd-Year Variation in Type Traits of Brown swiss Cows. *Journal of Dairy Science* 62:486-492.
- Nemcova, E., Stikova M, and Zavadilova L. 2011. Genetic parameters for linear type traits in Czech Holstein cattle. *Czech Journal of Animal Science* 56:157-162.
- Pérez-Cabal, M.A., Alenda, R.2002. Genetic relationships between lifetime profit and type traits in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 85: 3480–3491.

- Pérez, N. I., y F. J. L. 1998. Estimación de parámetros genéticos para algunas características de conformación de ubre y puntos finales en ganado Holstein de registro en México. *Técnica Pecuaria de México* 36: 25-34.
- Pribyl, J., P. Safus, and M. Stipkova. 2004. Selection index for bulls of Holstein cattle in the Czech Republic. *Czech Journal Animal Science* 49: 244-256.
- Renno, F. P., C. V. Araujo, and J. C. Pereira. 2003. Genetic and Phenotypic Correlations Among Type Traits and Milk Yield of Brown Swiss Cattle in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32: 1419-1430.
- Rogers, G.W., and B. T. McDaniel. 1989. The usefulness of selection for yield and functional type traits. *Journal of Dairy Science* 72: 187–192.
- Rupp, R., and D. Boichard. 1999. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins. *Journal of Dairy Science* 82: 2198-2204.
- Samore A. B., R. Rizzi, A. Rosson, and A. Bagnato. 2010. Genetic parameters for functional longevity, type traits, somatic cell scores. Milk flow and production in the Italian Brown Swiss. *Italian Journal of animal Science* 9: 145-452.
- Schaeffer G.B., W. E. Vinson W.E, R. E. Pearson, and R. G. Long. 1985. Genetic and phenotypic relationships among type traits scored linearly in Holsteins. *Journal of Dairy Science* 68: 2984–2988.
- Schneider, M P., J. W Durr, R. I. Cue, and H. G. Monardes. 2003. Impact of type traits on functional herd life of Quebec Holsteins assessed by survival analysis. *Journal of Dairy Science* 86: 4083-4089.

- Sewalen A.; Kistemaker G.J.; Miglior F. 2004. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Canadian Holsteins using a Weibull proportional hazards model. *Journal of Dairy Science* 87: 3938-3946.
- Short, T.H., T. J. Lawlor, and K. L. Lee. 1991. Genetic parameter for three experimental linear type traits. *Journal of Dairy Science* 74: 2020-2025.
- Short T.H., and T.J. Lawlor. 1992. Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in Holstein. *Journal of Dairy Science* 75: 1978-1998.
- Spehar, M., M. Stepec, and K. Potocnik. 2012. Variance components estimation for type traits in Slovenian Brown Swiss Cattle. *Acta Agriculturae Slovenica* 100: 107-115.
- Toghiani, S. 2011. Genetic parameters and correlations among linear type traits in the first lactation of Holstein Dairy cows. *African Journal of Biotechnology* 10: 1507-1510.
- Valencia, P. M; V. H. Montaldo, and F. J. Ruiz. 2008. Parámetros genéticos para características de conformación, habilidad de permanencia y producción de leche en ganado Holstein en México. *Técnica Pecuaria de México* 46: 235-248.
- Viegas, C. R., C. J. Araujo, C. C. Napolis, and N. J. Braccini. 2012. Genetic Parameters for type traits in holstein cows in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 2150-2161.
- Wiggans, G.R., N. Gengler, and J. R. Wright. 2004. Type trait (co)variance components for five dairy breeds. *Journal of Dairy Science* 87: 2324-2330.
- Wiggans, G.R., L. L. M. Thornton, R. R. Neitzel, and N. Gengler. 2006. Genetic parameters and evaluation of rear legs (rear view) for Brown Swiss and Guernsey. *Journal of Dairy Science* 89: 4895–4900.

Wright, J.R., Wiggans, G.R, C. J. Muenzenberger, and R. R. Neitzel. 2013. Short communication: Genetic evaluation of mobility for Brown Swiss dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 96: 2657–2660.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

La estimación de las tendencias genéticas y fenotípicas indican que ha habido un mejoramiento continuo en la producción de leche de ganado Suizo, indicando que las decisiones de selección, tomadas por los criadores de ganado han sido apropiadas en dirección, aunque la magnitud puede ser maximizada si se implementa un programa genético con objetivos claramente definidos.

La mejora genética de los reproductores de ganado Suizo Americano en México se basa principalmente en la importación de semen y embriones traídos del exterior, con valores genéticos estimados en sus poblaciones de origen, cuyos factores genético-ambientales son diferentes a los del país, lo que ocasiona un cambio en la jerarquización de este germoplasma cuando se utiliza en México. La evaluación realizada con los registros de sementales con crías en los dos ambientes estudiados, sugiere hacer una selección de estos considerando la magnitud de la interacción genotipo-ambiente, de manera de evitar impactos negativos en los niveles de producción y maximizar el progreso genético por generación.

El conocimiento de los estimadores de los rasgos de tipo obtenidos en la población de ganado Suizo en México, son una herramienta adicional para que los criadores realicen cruzamientos correctivos, que les permitirán tener vacas con una mayor vida productiva en el hato, reduciendo con ello sus costos por concepto de vaquillas de reemplazo.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda considerar en los programas de mejora genética de los reproductores de los hatos de cría de ganado Suizo Americano, los resultados obtenidos en esta investigación, de manera que el uso de material genético importado se realice de manera estratégica y garantice una mejora genética continua, evaluando los animales en las condiciones donde estos de crían y desarrollan, acordes a los objetivos particulares de producción.