



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS
DE PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE EN
CABRAS SAANEN**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

JOSÉ ANTONIO TORRES VÁZQUEZ

TUTOR: HUGO H. MONTALDO VALDENEGRO

COMITÉ TUTORAL: MAURICIO VALENCIA POSADAS

ANDRES DUCOING WATTY



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A mis padres Ofelia Vázquez Altamirano y José Antonio Torres Rivera, por el apoyo económico y moral que siempre me han brindado.

A toda mi familia por estar conmigo siempre.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero afecto y gratitud al Doctor Hugo H. Montaldo Valdenegro, por su gran apoyo y sus enseñanzas. Por su amistad y por participar directa e indirectamente en mi formación profesional.

A los Doctores Mauricio Valencia Posadas y Andrés Ducoing Watty, por sus comentarios, sugerencias y apoyo en la realización de este trabajo.

A los miembros del jurado: Dr. Pedro Ochoa, Dr. Héctor Castillo, Dr. Andrés Ducoing, Dr. Mauricio Valencia y Dr. Hugo H. Montaldo.

A la Jefa del Departamento de Genética y Bioestadística de la FMVZ de la UNAM, la MPA. Frida Salmerón Sosa y a la Lic. Ma. De Lourdes Rocío de la Torre Aceves, por confiar en mí.

A mis amigos y compañeros de estudio: Erika T., Itzel A., Jorge O., Sergio HCB., y Paola MM.

A la Asociación de Caprinocultores Unidos de Guanajuato y la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Caprino de Registro, A.C., en especial al Lic. José Oliveros, MVZ. Javier Morales y la Lic. María C. Jiménez.

A todo el personal Docente y Administrativo del Departamento de Genética y Bioestadística de la FMVZ de la UNAM.

ÍNDICE

ÍNDICE	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Parámetros genéticos.....	2
2.2 Principales métodos de estimación de parámetros genéticos.....	2
Análisis de varianza.....	2
Máxima verosimilitud.....	4
Máxima verosimilitud restringida.....	5
Métodos bayesianos.....	7
2.3 Parámetros genéticos estimados para producción y composición de leche	7
Justificación.....	8
Objetivos.....	9
3 MATERIAL Y MÉTODOS	10
3.1 Localización y sistema de producción	10
3.2 Información analizada.....	10
3.2.1 Edición de los datos	11
3.2.1.1 Archivo de datos	11
3.2.1.2 Desarrollo de factores de proyección de lactancias incompletas	11
3.2.2 Estandarización de las lactancias a 305 días.....	13
3.2.2.1 Lactancias completas	13
3.2.2.2 Lactancias incompletas	13
3.2.3 Archivos finales.....	14
3.2.3.1 Archivo final de datos.....	14
3.2.3.2 Archivo de pedigrí	15
3.3 Metodología de análisis	15
3.3.1 Modelos para primeras lactancias.....	15
3.3.2 Modelos para todas las lactancias.....	17
3.3.3 Estimación de los componentes de varianza.....	18

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Efectos ambientales incluidos en el modelo	19
4.1.1 Primeras lactancias	19
4.1.2 Todas las lactancias	19
4.2 Porcentaje de ajuste explicado por los efectos fijos en modelos univariados.....	22
4.3 Heredabilidades y repetibilidades.	25
4.3.1 Producción de Leche (kg).....	28
4.3.2 Producción de grasa (kg)	28
4.3.3 Producción de proteína (kg).....	29
4.3.4 Contenido de grasa (%)	29
4.3.5 Contenido de proteína (%).....	30
4.3.6 Producción de materia útil (kg)	30
4.3.7 Contenido de materia útil (%).....	30
4.3.8 Relación proteína:grasa	31
4.3.9 Producción de lactosa (kg).....	31
4.3.10 Contenido de lactosa (%).....	31
4.3.11 Producción de sólidos totales (kg)	32
4.3.12 Contenido de sólidos totales (%)	32
4.3.13 Edad al primer parto (años)	33
4.4 Correlaciones genéticas y fenotípicas	34
4.4.1 Correlaciones genéticas	38
4.4.2 Correlaciones fenotípicas.....	41
5 CONCLUSIONES	46
6 REFERENCIAS	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lactancias finales y número de cabras utilizadas para generar los factores de proyección	11
Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre producciones proyectadas y producciones reales a 305 días.....	12
Cuadro 3. Número de lactancias proyectadas y lactancias completas.....	15
Cuadro 4. Estadísticas descriptivas para las características de producción, composición de leche y edad al primer parto en caprinos lecheros para la primera lactancia	20
Cuadro 5. Estadísticas descriptivas para las características de producción y composición de leche en caprinos lecheros para todas las lactancias	21
Cuadro 6. Porcentaje de la varianza fenotípica explicada por los efectos fijos de los modelos univariados para primeras lactancias.....	23
Cuadro 7. Porcentaje de la varianza fenotípica explicada por los efectos fijos de los modelos univariados de repetibilidad	24
Cuadro 8. Componentes de varianza y heredabilidades (h^2) para las características de producción, composición de leche y edad al primer parto para primeras lactancias, obtenidos mediante modelos univariados	26
Cuadro 9. Componentes de varianza, heredabilidades (h^2) y repetibilidades (r_e) para las características de producción y composición de leche obtenidos mediante modelos univariados de repetibilidad	27

Cuadro 10. Correlaciones genéticas y fenotípicas para las características de producción, composición de leche y edad al primer parto obtenidos mediante modelos bivariados en primeras lactancias36

Cuadro 11. Correlaciones genéticas y fenotípicas para las características de producción y composición de leche para todas las lactancias, obtenidos mediante modelos bivariados de repetibilidad.....37

RESUMEN

Torres Vázquez José Antonio. Parámetros genéticos para características de producción y composición de la leche en cabras Saanen. (Bajo la dirección de Hugo Horacio Montaldo Valdenegro, Mauricio Valencia Posadas y Andrés Ducoing Watty).

El objetivo del presente trabajo fue estimar parámetros genéticos y fenotípicos para producción de leche (PECHE), producción de grasa (PGRASA), producción de proteína (PPROT), producción de materia útil (PMUTIL), producción de lactosa (PLACT), producción de sólidos totales (PST), contenido de grasa (CGRASA), contenido de proteína (CPROT), contenido de materia útil (CMUTIL), contenido de lactosa (CLACT), contenido de sólidos totales (CST), relación proteína:grasa (RP:G) y edad al primer parto (EPP). Se analizaron 4521 lactancias pertenecientes a 1613 cabras Saanen. Los datos fueron obtenidos de 10 rebaños ubicados en Guanajuato, México, de 1999 a 2006. Los componentes de (co)varianza se estimaron por Máxima Verosimilitud Restringida y mediante modelos univariados y bivariados para características repetidas. Los modelos incluyeron los efectos fijos de estación de parto, rebaño-año de parto y número de lactancia y los efectos aleatorios de animal, ambiente permanente y residuo. Para PLECHE, PGRASA, PPROT, CGRASA, CPROT, PMUTIL, CMUTIL, RP:G, PLACT, CLACT, PST, CST y EPP los estimados de heredabilidad fueron 0.17 ± 0.04 , 0.22 ± 0.05 , 0.19 ± 0.05 , 0.25 ± 0.06 , 0.29 ± 0.05 , 0.19 ± 0.05 , 0.20 ± 0.05 , 0.33 ± 0.06 , 0.14 ± 0.05 , 0.14 ± 0.04 , 0.12 ± 0.05 , 0.08 ± 0.04 y 0.16 ± 0.07 , respectivamente. Las correlaciones genéticas de PLECH con las otras características de producción fueron altas y positivas (0.78 a 0.89) y las de PLECHE con las características de contenido fueron negativas (-0.39 a -0.16). Las correlaciones genéticas de PLACT con las otras características de producción fueron altas y positivas (0.56 a 0.88). Las correlaciones genéticas de PST con las otras características de producción fueron altas y positivas (0.74 a 0.84). Las correlaciones genéticas de EPP con PLECHE, PGRASA y PPROT fueron moderadamente negativas (-0.24, -0.15 y -0.18, respectivamente). Los parámetros estimados pueden permitir el diseño de programas de selección más eficientes en caprinos, considerando características de producción, composición de la leche y edad al primer parto.

Palabras clave: Cabras lecheras; Heredabilidad; Correlaciones genéticas; Producción de lactosa; Producción de sólidos totales

ABSTRACT

Torres Vázquez José Antonio. Genetic parameters for milk production and milk composition traits for Saanen goats (Directed by Hugo Horacio Montaldo Valdenegro, Mauricio Valencia Posadas y Andrés Ducoing Watty).

The objective of this present study was to estimate genetic and phenotypic parameters for milk yield (MY), fat yield (FY), protein yield (PY), fat content (FC), protein content (PC), useful matter yield (UMY), useful matter content (UMC), protein to fat ratio (PFR), lactose yield (LY), lactose content (LC), total solids yield (TSY), total solids content (TSC) and age at first kidding (AFK). A total of 4521 lactations belonging to 1613 Saanen goats were analyzed. Data were obtained from 10 herds located in Guanajuato, Mexico, from 1999 to 2006. (Co)variance components were estimated using a Restricted Maximum Likelihood procedure with both single and two-trait repeatability animal models. The models included the fixed effects of season of kidding, flock-year of kidding, lactation number, as well as animal, permanent environment and residual as random effects. For MY, FY, PY, FC, PC, UMY, UMC, PFR, LY, LC, TSY, TSC and AFK, heritability estimates were 0.17 ± 0.04 , 0.22 ± 0.05 , 0.19 ± 0.05 , 0.25 ± 0.06 , 0.29 ± 0.05 , 0.19 ± 0.05 , 0.20 ± 0.05 , 0.33 ± 0.06 , 0.14 ± 0.05 , 0.14 ± 0.04 , 0.12 ± 0.05 , 0.08 ± 0.04 and 0.16 ± 0.07 , respectively. Genetic correlations between MY and other production traits were high and positive (from 0.78 to 0.89), and genetic correlations between MY and contents were negative (from -0.39 to -0.16). Genetic correlations between AFK and MY, FY and PY were moderately negative (-0.24, -0.15 y -0.18, respectively). Genetic correlations between LY and other production traits were high and positive (from 0.56 to 0.88). Genetic correlations between TSY and other production traits were high and positive (from 0.74 to 0.84). The estimated parameters may allow for the design of more efficient goat breeding programs, considering milk production traits, milk composition traits and age at first kidding.

Key words: Dairy goats; Heritability; Genetic correlation; Lactose yield; Total solids yield

1 INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2007), la producción mundial de leche de cabra en el año 2006 fue de 12.9 millones de toneladas métricas. India se ubicó en el primer lugar aportando un 29.24% de la producción mundial, seguida por Sudán con un 11.72 % y Bangladesh con un 10.93%.

En ese mismo año, México ocupó el décimo sexto lugar a nivel mundial y el primer lugar en el continente americano con una producción aproximada de 163,485 toneladas métricas, lo que representó el 1.26% de la producción mundial. El segundo lugar continental lo ocupó Brasil con una producción de 135,000 toneladas métricas (FAO, 2007).

En México y otros países, como los de la Cuenca del Mediterráneo, la valoración de la leche de cabra se da principalmente a través de subproductos como quesos y dulces. Debido a esto, el valor de la leche depende en gran medida de sus componentes, en particular del contenido y producción total de proteína y grasa (Montaldo y Manfredi, 2002).

Los parámetros genéticos son necesarios para la correcta predicción de los valores genéticos, además de ser útiles para establecer un programa de selección y predecir la respuesta a la selección.

Existen pocos países de Latinoamérica donde han estimado parámetros genéticos para características de producción y composición de la leche en cabras. En México por ejemplo, Montaldo *et al.* (1982), estimaron coeficientes de repetibilidad para varias características productivas de cabras. Valencia *et al.* (2007), estimaron heredabilidades, repetibilidades y correlaciones genéticas para producción total de leche, producción de leche acumulada a los 120 días y duración de la lactancia para cabras Saanen.

El objetivo de este trabajo fue estimar parámetros genéticos y fenotípicos para características de producción de leche, composición de la leche y edad al primer parto, en rebaños de cabras Saanen pertenecientes al Programa de Mejoramiento Genético de Caprinos para el Estado de Guanajuato, México.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Parámetros genéticos

Los parámetros son medidas que describen distribuciones estadísticas de variables para poblaciones. Usualmente, los valores de los parámetros son desconocidos debido a que la totalidad de la población no es accesible o no se puede medir. Entonces estas medidas son estimadas a partir de muestras de las poblaciones y dichas medidas reciben el nombre de estadísticos (Van Vleck, 1993; Weller, 2001; Wayne, 2004).

Desde el punto de vista del mejoramiento genético animal, el contar con estimadores confiables de los parámetros para las características más importantes es un paso clave para establecer un programa de selección. Tanto para la predicción de los valores genéticos como para predecir la respuesta esperada a la selección, es esencial estimar las varianzas y covarianzas genéticas, fenotípicas y ambientales (Meyer, 1989; Thompson, 2008).

2.2 Principales métodos de estimación de parámetros genéticos

Análisis de varianza

Tradicionalmente las estimaciones de los componentes de varianza y covarianza (COMVAR) eran realizadas mediante el análisis de varianza (ANOVA). El método de

ANOVA consiste en igualar las sumas de cuadrados con sus valores esperados para luego despejar los valores de los COMVAR (Hofer, 1998).

La técnica del ANOVA permite separar la variación total observada en variación entre grupos y variación dentro de grupos. La covarianza entre miembros de una familia o grupo de parientes es usualmente determinada como el componente de varianza entre grupos. Esta tendencia de los miembros de la misma familia a tener los mismos genes, puede expresarse en términos de varianza entre familias, misma que se puede expresar en forma estandarizada como el coeficiente de correlación intraclase (t); Dicho coeficiente $t = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_B^2 + \sigma_w^2}$, donde σ_B^2 es la varianza entre grupos de individuos emparentados, y σ_w^2 es la varianza dentro de grupos. Los grupos familiares más frecuentemente considerados son de hermanos y medios hermanos. Para estimar la covarianza genética de la progenie con un progenitor se estima un medio de la varianza genética de los progenitores. En el caso de la estimación de la covarianza genética de un grupo de medios hermanos, se toma la mitad del valor genético del progenitor común (usualmente sementales), esto es, una cuarta parte de la varianza aditiva (Falconer y Mackay, 2001).

Con datos balanceados, la técnica de ANOVA consiste en igualar las sumas de cuadrados con sus valores esperados; esos valores esperados son funciones lineales de los componentes de varianza. Para datos desbalanceados como los utilizados en mejoramiento genético animal, la técnica del ANOVA utiliza diferentes métodos que se pueden considerar aproximaciones (métodos I, II y III de Henderson) (Henderson, 1953). Las desventajas de ANOVA para la estimación de COMVAR en mejoramiento genético animal es que habitualmente no toma en cuenta las covarianzas entre los efectos aleatorios, esto produce estimaciones de COMVAR sesgadas de una población bajo selección. Además, solamente se pueden estimar las covarianzas entre dos características cuando los animales tienen ambas características medidas, lo que ocasiona estimaciones sesgadas en casos donde los animales que fueron seleccionados para la primera característica tienen un

cambio de expresión en la segunda característica (Meyer, 1989; Hofer, 1998; Lynch y Walsh, 1998; Thompson, 2008).

Máxima verosimilitud

A diferencia de la estimación por ANOVA, la Máxima Verosimilitud (ML, del inglés *Maximum Likelihood*), requiere la especificación de la distribución de los datos.

El método para obtener los estimadores de ML consiste en: 1) definir un modelo que explique las observaciones y que establezca la relación entre los datos y los COMVAR, 2) definir la función de la verosimilitud acorde al modelo lineal mixto utilizado; este logaritmo de la función de verosimilitud es:

$$\log L(\hat{\mathbf{b}}, \hat{\sigma} | \mathbf{y}) \propto c - \frac{1}{2} \log |V| - \frac{1}{2} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}})' V^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}})$$

Donde $c =$ constante; $\hat{\mathbf{b}}$ son los estimadores de los efectos fijos; $\hat{\sigma}$ son los estimadores de los componentes de covarianzas; $V = \text{Var}(\mathbf{y}) = \mathbf{ZGZ}' + \mathbf{R}$; $G = A\sigma_a^2$; $\mathbf{R} = I\sigma_e^2$; \mathbf{X} y \mathbf{Z} son matrices de incidencia que relacionan las observaciones a los efectos fijos y aleatorios, respectivamente; (Hofer, 1998; INIA, 2006), y 3) encontrar los estimadores de ML de $\hat{\mathbf{b}}$ y $\hat{\sigma}$ que maximicen el logaritmo de la función de la verosimilitud dado los datos. Los estimadores de ML pueden ser obtenidos encontrando la solución de la primera derivada donde se iguale a cero la función de verosimilitud, o encontrando los valores de los parámetros de la función que maximicen la verosimilitud con otras técnicas. Los estimadores de ML tienen las siguientes propiedades: a) distribución normal $\hat{\theta} \sim N(\theta, I(\theta)^{-1})$, b) consistentes o asintóticamente insesgados cuando $n \rightarrow \infty$, y d) asintóticamente eficientes o de varianza mínima (Hofer, 1998; INIA, 2006). En comparación a la técnica de ANOVA, los estimadores de ML toman en cuenta el sesgo ocasionado por la selección de los padres. Dentro del contexto de los modelos lineales

mixtos, la ML supone que la variable de interés tiene distribución normal. Sin embargo, la ML puede producir estimadores fuera del espacio paramétrico, y no toma en cuenta la pérdida de los grados de libertad que resultan de la estimación de los efectos fijos (Hofer, 1998; Kaps y Lamberson, 2004; Thompson *et al.*, 2005; INIA 2006).

Máxima verosimilitud restringida

La Máxima Verosimilitud Restringida (REML, del inglés *Restricted Maximum Likelihood*), maximiza únicamente la parte de la verosimilitud que es independiente de los efectos fijos. La REML tiene usualmente la restricción de que los parámetros han de estar dentro del espacio paramétrico, y toma en cuenta los grados de libertad involucrados en la estimación de los efectos fijos. Para los modelos lineales mixtos, la función de REML se obtiene suponiendo que los efectos aleatorios del modelo tienen una distribución normal multivariada. En la REML la función de verosimilitud es:

$$\log L(\hat{\mathbf{b}}, \hat{\boldsymbol{\sigma}} | \mathbf{y}) \propto c - \frac{1}{2} \log |\mathbf{V}| - \frac{1}{2} \log |\mathbf{X}^* \mathbf{V}^{-1} \mathbf{X}^*| - \frac{1}{2} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}})' \mathbf{V}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}})$$

Donde \mathbf{X}^* = a una matriz de rango (\mathbf{X}) de columnas linealmente independientes de \mathbf{X} ; c = constante; $\hat{\mathbf{b}}$ = son los estimadores de los efectos fijos; $\hat{\boldsymbol{\sigma}}$ = son los estimadores de los componentes de covarianzas; $\mathbf{V} = \text{Var}(\mathbf{y}) = \mathbf{Z}\mathbf{G}\mathbf{Z}' + \mathbf{R}$; $\mathbf{G} = \mathbf{A}\sigma_a^2$; $\mathbf{R} = \mathbf{I}\sigma_e^2$; \mathbf{X} y \mathbf{Z} son matrices de incidencia que relacionan las observaciones a los efectos fijos y aleatorios respectivamente (Hofer, 1998).

En casos balanceados, el método de la REML coincide con el método de ANOVA, con la ventaja de que se elimina el sesgo ocasionado por el desconocimiento de los efectos fijos. La REML toma en cuenta la selección, debido al uso de las ecuaciones del modelo mixto que involucran las relaciones genéticas del pedigrí en la matriz de relación \mathbf{A} . Estas

importantes características han llevado al método de la REML ser muy usado en el mejoramiento genético animal (Hofer, 1998; Thompson et al 2005).

Como el logaritmo de la verosimilitud es una función no lineal, en general no se pueden encontrar analíticamente (algebraicamente) los valores de $\hat{\mathbf{b}}$ y $\hat{\sigma}$, por lo que ha sido necesario desarrollar procedimientos iterativos para lograr su maximización. Este proceso inicia con los valores iniciales de los parámetros, posteriormente usando algoritmos de maximización, las estimaciones de los parámetros se mueven en una dirección que incrementa el logaritmo de la función de verosimilitud de esos datos. El desarrollo de diversos algoritmos junto con el avance informático ha permitido el uso generalizado de la REML en genética animal (Meyer, 1989; Hofer, 1998; Lynch y Walsh, 1998).

Los algoritmos utilizados para estimar los COMVAR usando REML se dividen en tres grupos: a) algoritmos libres de derivadas (DF), este grupo tiene la ventaja de usar una búsqueda directa del máximo global del logaritmo de la verosimilitud para la estimación de los COMVAR sin la inversión de la matriz de coeficientes de los modelos mixtos, lo que reduce tiempo de cómputo en modelos univariados simples; b) algoritmos basados en primeras derivadas, que son de convergencia lenta y garantizan las estimaciones dentro del espacio paramétrico. Dentro de este grupo se encuentra el algoritmo de la Esperanza-Maximización (EM, del inglés *Expectation Maximization*); este algoritmo es de convergencia lenta, especialmente para heredabilidades bajas o cuando hay datos faltantes en modelos de múltiples características; y c) algoritmos basados en primeras y segundas derivadas. Este grupo es de convergencia rápida, particularmente en modelos complejos y multivariados. Dentro de este grupo se encuentra el algoritmo de la matriz promedio de información; AI-REML (AI, del inglés *Average Information*), utilizado por el programa ASReml (Gilmour *et al.*, 1998). El método AI-REML se basa en la aproximación de las derivadas parciales de segundo orden del promedio de la matriz de información esperada y observada (Meyer, 1989; Gilmour y Thompson, 1998; Hofer, 1998; Thompson *et al.*, 2005; INIA, 2006;).

Métodos bayesianos

La idea básica de la teoría bayesiana consiste en considerar que tanto los parámetros, como los efectos aleatorios y los datos tienen distribuciones asociadas y que todos los efectos de un modelo son por lo tanto aleatorios. La inferencia bayesiana hace uso de la distribución posterior, obtenida a partir de la función de verosimilitud y de la distribución a priori que asignamos a los parámetros (Gianola y Fernando, 1986; INIA, 1999). Los métodos bayesianos estiman los COMVAR basados en procedimientos de muestreos iterativos como el muestreo de Gibbs u otros algoritmos semejantes, a partir de la densidad conjunta de los parámetros y la función de la verosimilitud (Weller, 2001). En los últimos años, los métodos bayesianos unidos a técnicas de cálculo como el muestreo de Gibbs se han extendido al área de la estimación de componentes de varianza en mejoramiento genético animal con excelentes resultados (Sorensen *et al.*, 1994). En muchos casos cuando se omite la información *a priori*, los resultados de los métodos bayesianos y de la REML resultan prácticamente equivalentes.

2.3 Parámetros genéticos estimados para producción y composición de leche

Existen pocos estudios a nivel mundial relacionados con la estimación de parámetros genéticos para características de producción y composición de leche en caprinos (Bömkes *et al.*, 2004). En pocos países de Latinoamérica se han realizado estudios para obtener parámetros genéticos en caprinos lecheros, y dichos estudios se limitan a pocas características (Gonçalves *et al.*, 2002; Valencia *et al.*, 2007). Montaldo *et al.* (1982) estimaron coeficientes de repetibilidad para varias características productivas de cabras en México. Valencia *et al.* (2007), estimaron heredabilidades, repetibilidades y correlaciones genéticas para producción total de leche, producción de leche acumulada a los 120 días y duración de la lactancia para cabras Saanen en México.

Justificación

La producción total de leche, producción de grasa y producción de proteína, son las características de mayor importancia económica en los caprinos lecheros (Montaldo y Manfredi, 2002). Sin embargo, a nivel internacional las estimaciones de parámetros genéticos para otras características tales como producción y contenido de materia útil, relación proteína:grasa, producción y contenido de lactosa, producción y contenido de sólidos totales y edad al primer parto, son escasas y frecuentemente obtenidas con muestras de tamaño pequeño.

A partir del año 2000, se desarrolló en el estado de Guanajuato un programa para el mejoramiento genético de caprinos. Dicho programa, surgió de las necesidades de los caprinocultores y al potencial que existe en la entidad para producir leche de cabra, así como abastecer la población del centro de país con reproductores seleccionados para las características de mayor importancia económica. Con base en lo anterior, se ha desarrollado un control de producción de leche, contenido de grasa, contenido de proteína, características de conformación, control genealógico y procedimientos para la evaluación genética mediante modelos lineales (BLUP) de estas características (Valencia y Montaldo, 2006). Actualmente, participan en este programa 13 criadores con cerca de 1,316 cabras pertenecientes a la Asociación de Caprinocultores Unidos de Guanajuato y la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Caprino de Registro, A.C. Además, participa personal de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de Guanajuato, la Universidad de Guanajuato y la Universidad Nacional Autónoma de México.

Para desarrollar el programa mencionado y en general para la selección de los caprinos productores de leche para el conjunto de características económicamente importantes, es necesario estimar los parámetros genéticos para estas características. Así como estimar las heredabilidades, repetibilidades y correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales y los COMVAR asociados a estas características.

Objetivos

Estimar las heredabilidades, repetibilidades, correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales para producción de leche, producción de grasa, producción de proteína, producción de materia útil, producción de lactosa, producción de sólidos totales, contenido de grasa, contenido de proteína, contenido de materia útil, contenido de lactosa, contenido de sólidos totales, relación proteína:grasa y edad al primer parto, en rebaños de cabras Saanen del Estado de Guanajuato, México.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Localización y sistema de producción

Se analizó información obtenida en 10 rebaños ubicados en los municipios de Apaseo el Grande, Celaya y Salamanca en el estado de Guanajuato, México. La zona tiene un clima templado semiseco con lluvias en verano. Dicha zona se encuentra a una altura de 1,780 msnm con una temperatura media de 19°C. Las cabras se encuentran en un sistema de producción intensivo, con una dieta a base de alfalfa achicalada, concentrados comerciales y suplementos de vitaminas y minerales.

3.2 Información analizada

La información mensual disponible por lactancia y por cabra tenía las siguientes variables: identificación del animal y sus progenitores, fecha de nacimiento, fecha de parto, rebaño, número de lactancia, días en leche, producción de leche, contenido de grasa, contenido de proteína, contenido de lactosa y el contenido de sólidos totales. Los contenidos se obtuvieron mediante un analizador infrarrojo para leche Bentley 150, perteneciente a la Unión Ganadera Regional del Estado de Guanajuato. El control de producción de leche lo realizó la Asociación Holstein de México utilizando registros mensuales de la producción total por día (dos ordeños). El control de producción se realizó mediante el sistema A4 del ICAR (ICAR, del inglés *International Committee for Animal Recording*) (ICAR, 2007). A partir de los contenidos mensuales de leche, se obtuvieron las producciones mensuales de leche, grasa, proteína, lactosa y sólidos totales.

Los registros anteriores fueron obtenidos de 1999 a 2006, e incluyeron 5772 lactancias pertenecientes a 2230 cabras. Con base en estos registros, la edad al primer parto (EPP) se obtuvo como el número de días entre la fecha de parto y la fecha de nacimiento.

3.2.1 Edición de los datos

3.2.1.1 Archivo de datos

El archivo original de datos fue editado para garantizar la calidad de la información. Se eliminaron registros de animales con información incompleta o errónea, variables con menos de 3 mediciones mensuales, registros con menos de 100 días en producción de leche y registros procedentes de cruces de animales o de otras razas distintas a las Saanen. Además, se eliminaron registros pertenecientes al año 1999 por contener pocas observaciones y cuyos valores para las variables de contenidos fueron muy diferentes a años subsecuentes.

3.2.1.2 Desarrollo de factores de proyección de lactancias incompletas

Con el fin de estandarizar lactancias incompletas a 305 días, se obtuvieron factores de proyección para la producción de leche, producción de grasa, producción de proteína, producción de lactosa y producción de sólidos totales. Se utilizaron datos de lactancias con al menos 8 meses de producción y menores o iguales a 320 días de producción.

Los números de lactancias finales y los números de cabras utilizadas para generar los archivos finales se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Lactancias finales y número de cabras utilizadas para generar los factores de proyección.

Característica	Lactancias	Cabras
Producción de leche	2197	950
Producción de grasa	1058	663
Producción de proteína	1045	652
Producción de lactosa	365	308
Producción de sólidos totales	365	308

Se definieron dos estaciones de parto, la primera abarcó otoño-invierno (1) y la segunda primavera-verano (2). Para PLECHE, PGRASA y PPROT, se dividieron los días acumulados en dos grupos (≤ 100 y 101 a 320). Para el efecto de edad se definieron 3 grupos (≤ 2 , $3-4$ y ≥ 5). Posteriormente se definió el efecto combinado estación-edad.

Los factores de proyección usados en la proyección de lactancias incompletas (b_1, b_2, b_3 y b_4), fueron estimados por regresión múltiple (Wiggans y Van Vleck, 1979), dentro de cada grupo estación-edad usando la ecuación siguiente:

$$\text{PREMn} = b_1 * (\text{UPn}) + b_2 * (n * \text{UPn}) + b_3 * \left(\frac{1}{\text{UPn}}\right) + b_4 * \left(\frac{\sqrt{n}}{\text{UPn}}\right)$$

Donde: PREMn fue la producción de leche remanente al día n, definida como la producción a 305 días menos la producción acumulada al día n; UPn fue la última producción mensual; n fueron los días acumulados. Se calcularon juegos de coeficientes dentro de dos grupos de días en leche (≤ 100 y 101 a 320). En el cuadro 2, se muestran las correlaciones entre la producción real a 305 días obtenidas con lactancias de 280 o más días y la producción proyectada a 305 días para la producción de leche, producción de grasa, producción de proteína, producción de lactosa y producción de sólidos totales para lactancias con un rango 30 a 279 días en leche.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre producciones proyectadas y producciones reales a 305 días.

Característica	r
Producción de leche	0.98
Producción de grasa	0.95
Producción de proteína	0.96
Producción de lactosa	0.90
Producción de sólidos totales	0.95

3.2.2 Estandarización de las lactancias a 305 días

3.2.2.1 Lactancias completas

En lactancias con 305 días o más de producción, la estandarización a 305 días se calculó por el Método de Intervalo de Prueba (TIM, del inglés *Test Interval Method*) (Norman *et al.*, 1999). Las producciones para el último intervalo de cada variable de producción, se estimaron localizando las producciones más próximas al día 305 de lactancia, y según fue el caso se interpoló o se extrapoló linealmente la producción más cercana al día 305 usando el cambio diario de la producción entre los dos últimos muestreos.

3.2.2.2 Lactancias incompletas

Para estandarizar la duración de la lactancia a 305 días, las lactancias incompletas debieron de tener al menos 3 mediciones mensuales y 100 días en leche.

Las producciones estandarizadas a 305 (PE305D) se obtuvieron con la siguiente ecuación:

$$PE305D = PAn + (PREMn * [305 - n])$$

Donde: PAn fue la producción acumulada calculada por el método de Intervalo de Prueba al día n; n fueron los días acumulados; y PREMn fue la producción remanente al día n estimada mediante los factores de proyección estimados y el método descrito en la sección 3.2.1.2.

3.2.3 Archivos finales

3.2.3.1 Archivo final de datos

En este archivo también definieron dos estaciones de parto, la primera abarcó otoño-invierno (1) y la segunda primavera-verano (2). Para el efecto número de parto se definieron 4 grupos (1ª, 2ª, 3ª y 4ª o más lactancias). Se definió el efecto campaña; dicho efecto consistió en modificar el año de parto, considerando el inicio de año desde octubre del año anterior hasta septiembre del año descrito. Se definió el efecto combinado rebaño-campaña.

Se generaron las variables estandarizadas a 305 días para producción de leche (PLECHE), producción de grasa (PGRASA), producción de proteína (PPROT), producción de lactosa (PLACT), producción de sólidos totales (PST), y producción de materia útil (PMUTIL). La PMUTIL se obtuvo mediante la suma de las producciones de grasa y proteína. A partir de las producciones estandarizadas a 305 días para cada variable de producción, se generaron las variables de contenido de grasa (CGRASA), contenido de proteína (CPROT), contenido de materia útil (CMUTIL), contenido de lactosa (CLACT), y contenido de sólidos totales (CST) expresadas como porcentajes por lactancia. Por otro lado, se obtuvo la relación proteína:grasa (RP:G), como $PPROT/PGRASA$.

Con el objeto de eliminar información errónea, solamente se analizaron datos comprendidos dentro de dos desviaciones estándar con respecto a la media para cada variable.

Después de la edición, los registros contenidos en el archivo final de datos correspondieron a 4521 partos de 1613 cabras. Considerando como una lactancia completa aquellas cabras con 280 o más días en producción de leche, el total de las lactancias proyectadas y completas analizadas se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Número de lactancias proyectadas y lactancias completas.

Característica	Proyectadas	Completas	% Completas	Totales
Producción de leche	1779	2742	60.65	4521
Producción de grasa	991	1501	60.23	2492
Producción de proteína	1036	1454	58.39	2490
Producción de lactosa	1411	567	28.67	1978
Producción de sólidos totales	1469	548	27.17	2017

3.2.3.2 Archivo de pedigrí

Se verificaron y corrigieron los nombres de los sementales cuando fueron capturados erróneamente. Se utilizó el programa Pedigree Viewer versión 5.3 (Kinghorn y Kinghorn, 2002), para detectar registros duplicados de animales y aquellos animales que aparecían tanto como padres como madres en el pedigrí, mismos que fueron eliminados. Con este programa, se produjo un pedigrí ordenado y recodificado. Se agregaron las identificaciones recodificadas al archivo de datos para trabajar con estas.

El archivo final de pedigrí constó de 1865 animales. De los cuales hubo 103 padres y 684 madres. De los 1865 animales, 1247 tuvieron únicamente identificación del padre y 971 tuvieron solamente identificación de la madre. De los 1865 animales únicamente 947 tuvieron identificación tanto del padre como de la madre.

3.3 Metodología de análisis

3.3.1 Modelos para primeras lactancias

El modelo para primeras lactancias incluyó los efectos fijos de estación (1 ó 2), y de rebaño-campaña. Como efectos aleatorios se incluyeron al animal y el residuo.

Se utilizaron modelos animales univariados (modelo 1) para la estimación de los componentes de varianza. Posteriormente se utilizaron modelos animales bivariados con los

mismos efectos, con el objetivo de obtener las correlaciones genéticas y fenotípicas (modelo 2). Dichos modelos se pueden representar en forma matricial de la siguiente manera:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{e} \quad [1]$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 \\ \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1 \\ \mathbf{b}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_2 \end{bmatrix} \quad [2]$$

Donde \mathbf{Y} , \mathbf{Y}_1 y \mathbf{Y}_2 son los vectores de observaciones; \mathbf{b} , \mathbf{b}_1 y \mathbf{b}_2 son los vectores de los efectos fijos; \mathbf{X} , \mathbf{X}_1 y \mathbf{X}_2 son las matrices de incidencia que relacionan los efectos fijos con las observaciones; \mathbf{a} , \mathbf{a}_1 y \mathbf{a}_2 son los vectores de los efectos aleatorios de los animales; \mathbf{Z} , \mathbf{Z}_1 y \mathbf{Z}_2 son las matrices de incidencia que relacionan los efectos aleatorios de los animales con las observaciones; \mathbf{e} , \mathbf{e}_1 y \mathbf{e}_2 son los vectores de efectos aleatorios residuales.

Las matrices de esperanzas y (co)varianzas de los vectores aleatorios se representan de la siguiente manera:

$$\mathbf{E} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{V} \begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} \otimes \mathbf{G}_0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \sum \oplus \mathbf{R}_{k0} \end{bmatrix}$$

Donde \mathbf{G}_0 denota un escalar en el caso de modelos univariados, o matrices de 2x2 de varianzas y covarianzas entre características para el caso de modelos bivariados; \mathbf{R}_{k0} es la matriz de varianzas y covarianzas residuales en el caso de modelos univariados, o es la suma directa de las matrices de varianzas y covarianzas residuales en el caso de modelos bivariados.

3.3.2 Modelos para todas las lactancias

Los datos se analizaron mediante modelos animales de repetibilidad. El modelo incluyó los efectos fijos de estación (1 ó 2), número de lactancia (1ª, 2ª, 3ª y 4ª o más lactancias), y el efecto de rebaño-campaña. Como efectos aleatorios se incluyeron: efecto de animal, efecto de ambiente permanente y el residuo.

Se utilizaron modelos animales univariados de repetibilidad (modelo 3) para la estimación de los componentes de varianza. Posteriormente, se utilizaron modelos animales bivariados con los mismos efectos, con el objetivo de obtener las correlaciones genéticas, ambientales y fenotípicas (modelo 4). En los modelos bivariados, no se incluyó el efecto aleatorio de ambiente permanente para EPP al estimar las varianzas y covarianzas genéticas y ambientales. Los modelos representados en forma matricial son los siguientes:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wp} + \mathbf{e} \quad [3]$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 \\ \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1 \\ \mathbf{b}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{W}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{W}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{p}_1 \\ \mathbf{p}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_2 \end{bmatrix} \quad [4]$$

Donde \mathbf{Y} , \mathbf{Y}_1 y \mathbf{Y}_2 son los vectores de observaciones; \mathbf{b} , \mathbf{b}_1 y \mathbf{b}_2 son los vectores de los efectos fijos; \mathbf{X} , \mathbf{X}_1 y \mathbf{X}_2 son las matrices de incidencia que relacionan los efectos fijos con las observaciones; \mathbf{a} , \mathbf{a}_1 y \mathbf{a}_2 son los vectores de los efectos aleatorios de los animales; \mathbf{Z} , \mathbf{Z}_1 y \mathbf{Z}_2 son las matrices de incidencia que relacionan los efectos aleatorios de los animales con las observaciones; \mathbf{p} , \mathbf{p}_1 y \mathbf{p}_2 son los vectores de los efectos de ambiente permanente; \mathbf{W} , \mathbf{W}_1 y \mathbf{W}_2 son las matrices de incidencia que relacionan los efectos aleatorios de ambiente permanente con las observaciones; \mathbf{e} , \mathbf{e}_1 y \mathbf{e}_2 son los vectores de efectos residuales.

Las matrices de esperanzas y (co)varianzas de los vectores aleatorios se representan de la siguiente manera:

$$E \begin{bmatrix} Y \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{pe} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\boldsymbol{\beta} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}; \quad V \begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{pe} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & P & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G_0 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & I_2 \otimes P_0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sum \oplus R_{k0} \end{bmatrix}$$

Donde P_0 y G_0 denota un escalar en el caso de modelos univariados, o matrices de 2×2 de varianzas y covarianzas entre características para el caso de modelos bivariados; R_{k0} es la matriz de varianzas y covarianzas residuales en el caso de modelos univariados, o es la suma directa de las matrices de varianzas y covarianzas residuales en el caso de modelos bivariados.

3.3.3 Estimación de los componentes de varianza

Para la estimación de los componentes de (co)varianza (en los modelos 1-4), heredabilidades y correlaciones (genéticas, ambientales y fenotípicas), se utilizó la metodología de REML empleando el programa ASReml (Gilmour *et al.*, 1998).

El algoritmo del programa ASREML, se basa en la aproximación de las derivadas parciales de segundo orden del promedio de la matriz de información esperada y observada (AI-REML), este algoritmo es eficiente en la estimación de varianzas y covarianzas en los modelos lineales mixtos multivariados y permite obtener aproximaciones de los errores estándar de los parámetros genéticos (Gilmour y Thompson, 1998; Hofer, 1998).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efectos ambientales incluidos en el modelo

Las estadísticas descriptivas para las características de producción, composición de leche y edad al primer parto para las primeras lactancias se presentan en el cuadro 4, y para todas las lactancias se presentan en el cuadro 5.

4.1.1 Primeras lactancias

Para las producciones (PLECHE, PGRASA, PPROT, PMUTIL, PLACT, PST) y la EPP, los efectos de estación y rebaño-año incluidos en los modelos univariados, fueron significativos ($P < 0.01$). Para los contenidos (CGRASA, CPROT, CMUTIL, CLACT, CST) y la relación proteína:grasa (RP:G), únicamente el efecto de rebaño-año resultó significativo ($P < 0.01$).

4.1.2 Todas las lactancias

Los efectos de estación, número de lactancia y de rebaño-campaña, incluidos en los modelos univariados de repetibilidad, fueron significativos ($P < 0.05$) para PLECHE, PGRASA, PPROT, CPROT, PMUTIL, PLACT y CST. Para CGRASA, CMUTIL, RP:G y PST el efecto de número de lactancia y el efecto de rebaño-campaña fueron significativos ($P < 0.05$). Por otro lado, para CLACT únicamente el efecto combinado de rebaño-campaña fue significativo ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Estadísticas descriptivas para las características de producción, composición de leche y edad al primer parto en caprinos lecheros para la primera lactancia.

Característica	N	Min.	Máx.	Media	D.E.	CV.
Producción de leche a 305 días (PLECHE) (kg)	1306	297.01	1749.37	917.53	231.02	25.18
Producción de grasa a 305 días (PGRASA) (kg)	647	9.69	47.88	26.59	6.67	25.11
Producción de proteína a 305 días (PPROT) (kg)	635	8.27	36.98	22.84	5.21	22.79
Contenido de grasa a 305 días (CGRASA) (%)	647	2.42	4.23	3.21	0.32	10.05
Contenido de proteína a 305 días (CPROT) (%)	635	2.12	3.35	2.77	0.17	6.30
Producción de materia útil a 305 días (PMUTIL) (kg)	658	17.96	81.08	48.94	11.70	23.91
Contenido de materia útil a 305 días (CMUTIL) (%)	658	2.79	7.55	5.91	0.56	9.50
Relación de proteína:grasa a 305 días (RP:G)	635	0.65	1.19	0.87	0.08	9.62
Producción de lactosa a 305 días (PLACT) (kg)	519	11.84	65.99	35.11	9.34	26.61
Contenido de lactosa a 305 días (CLACT) (%)	519	2.24	5.74	4.13	0.49	11.95
Producción de sólidos totales a 305 días (PST) (kg)	519	31.37	165.39	92.31	23.79	25.77
Contenido de sólidos totales a 305 días (CST) (%)	519	5.87	15.03	10.88	1.27	11.64
Edad al primer parto (EPP) (años)	948	0.24	2.45	1.27	0.44	34.89

Min. es el valor mínimo; Max. es el valor máximo; D.E. es desviación estándar; CV es el coeficiente de variación.

Cuadro 5. Estadísticas descriptivas para las características de producción y composición de leche en caprinos lecheros para todas las lactancias.

Característica	N	Min.	Máx.	Media	D.E.	CV.
Producción de leche a 305 días (PLECHE) (kg)	4521	297.00	2241.00	1086.69	289.33	26.62
Producción de grasa a 305 días (PGRASA) (kg)	2492	8.18	64.74	33.60	8.73	25.97
Producción de proteína a 305 días (PPROT) (kg)	2490	8.27	73.77	28.39	7.24	25.51
Contenido de grasa a 305 días (CGRASA) (%)	2492	2.38	4.25	3.26	0.35	10.62
Contenido de proteína a 305 días (CPROT) (%)	2490	2.12	3.44	2.75	0.20	7.14
Producción de materia útil a 305 días (PMUTIL) (kg)	2543	16.49	169.50	61.75	15.93	25.80
Contenido de materia útil a 305 días (CMUTIL) (%)	2543	2.79	10.50	6.00	0.57	9.46
Relación de proteína:grasa a 305 días (RP:G)	2490	0.53	1.19	0.85	0.09	10.25
Producción de lactosa a 305 días (PLACT) (kg)	1978	17.68	71.72	43.07	11.52	26.75
Contenido de lactosa a 305 días (CLACT) (%)	1952	2.93	5.40	4.20	0.43	10.13
Producción de sólidos totales a 305 días (PST) (kg)	2017	28.54	233.80	112.07	30.06	26.82
Contenido de sólidos totales a 305 días (CST) (%)	2017	3.59	16.56	10.79	1.34	12.40

Min. es el valor mínimo; Max. es el valor máximo; D.E. es desviación estándar; CV es el coeficiente de variación.

4.2 Porcentaje de ajuste explicado por los efectos fijos en modelos univariados

En el cuadro 6, se muestran los porcentajes de ajuste proporcionados por los efectos fijos para los modelos de primeras lactancias. Estos corrigieron de un 6.88 a un 45.40% de la varianza total. Los mayores porcentajes de ajuste fueron para PPROT (45.40%), seguido de PLECHE (44.84%) y PST (42.41%). El menor porcentaje de ajuste proporcionado por los efectos fijos de los modelos univariados fue para CMUTIL (6.88%).

Para los modelos univariados de repetibilidad, los efectos fijos corrigieron de un 6.62 a un 51.93% de la varianza total (cuadro 7). Los mayores porcentajes de ajuste fueron para PPROT (51.94%), PGRASA (50.92%) y para PMUTIL (50.79%). El menor porcentaje de ajuste proporcionado por los efectos fijos en los modelos de repetibilidad fue para la RP:G (6.62%).

Cuadro 6. Porcentaje de la varianza fenotípica explicada por los efectos fijos de los modelos univariados para primeras lactancias.

Característica	Var sin ajustar	Var ajustada	% Ajuste
PLECHE (kg)	53372	29440	44.84
PGRASA (kg)	44.55	35.62	20.04
PPROT (kg)	27.11	14.80	45.40
CGRASA (%)	0.1039	0.0949	8.71
CPROT (%)	0.0305	0.0277	9.17
PMUTIL (kg)	136.92	80.19	41.43
CMUTIL (%)	0.3154	0.2937	6.88
RP:G	0.0071	0.0064	9.60
PLACT (kg)	87.29	52.09	40.33
CLACT (%)	0.2434	0.2195	9.81
PST (kg)	565.73	325.80	42.41
CST (%)	1.6016	1.4610	8.78
EPP (años)	0.1967	0.1284	34.71

Var sin ajustar es la varianza fenotípica de los datos sin ajustar; Var ajustada es la varianza fenotípica obtenida por el modelo univariado de primeras lactancias; PLECHE es producción de leche; PGRASA es producción de grasa; PPROT es producción de proteína; CGRASA es contenido de grasa; CPROT es contenido de proteína; PMUTIL es producción de materia útil; CMUTIL es contenido de materia útil; RP:G es relación proteína:grasa; PLACT es producción de lactosa; CLACT es contenido de lactosa; PST es producción de sólidos totales; CST es contenido de sólidos totales; y EPP es edad al primer parto.

Cuadro 7. Porcentaje de la varianza fenotípica explicada por los efectos fijos de los modelos univariados de repetibilidad.

Característica	Var sin ajustar	Var ajustada	% Ajuste
PLECHE (kg)	83712	41830	50.03
PGRASA (kg)	76.13	37.36	50.92
PPROT (kg)	52.47	25.22	51.94
CGRASA (%)	0.1200	0.1103	8.08
CPROT (%)	0.0385	0.0360	6.64
PMUTIL (kg)	253.80	124.90	50.79
CMUTIL (%)	0.3216	0.2956	8.08
RP:G	0.0076	0.0071	6.62
PLACT (kg)	132.75	76.74	42.19
CLACT (%)	0.1807	0.1589	12.09
PST (kg)	903.37	448.30	50.37
CST (%)	1.7902	1.5590	12.92

Var sin ajustar es la varianza fenotípica de los datos sin ajustar; Var ajustada es la varianza fenotípica obtenida por el modelo univariado de repetibilidad; PLECHE es producción de leche; PGRASA es producción de grasa; PPROT es producción de proteína; CGRASA es contenido de grasa; CPROT es contenido de proteína; PMUTIL es producción de materia útil; CMUTIL es contenido de materia útil; RP:G es relación proteína:grasa; PLACT es producción de lactosa; CLACT es contenido de lactosa; PST es producción de sólidos totales; CST es contenido de sólidos totales; y EPP es edad al primer parto.

4.3 Heredabilidades y repetibilidades.

En los cuadros 8 y 9 se muestran los componentes de varianza y las heredabilidades para las características de producción, composición de la leche, relación proteína:grasa y edad al primer parto obtenidos con los modelos univariados para primeras lactancias, y para todas las lactancias, respectivamente.

Tomando como referencia intervalos de confianza aproximados del 95% obtenidos como el valor del estimado ± 2 x error estándar, las heredabilidades estimadas para las primeras lactancias no fueron diferentes a las heredabilidades estimadas con los modelos de repetibilidad. Por otro lado, los errores estándar para las heredabilidades obtenidas por los modelos de repetibilidad fueron menores. Con base en lo anterior, en este trabajo únicamente se discuten los resultados para las características de producción y composición de leche obtenidos con los modelos de repetibilidad. Para primeras lactancias, únicamente se discuten los resultados para la edad al primer parto.

La heredabilidad más baja fue para el contenido de sólidos totales (0.08 ± 0.04), y la heredabilidad más alta fue para la relación proteína:grasa (0.33 ± 0.06).

Cuadro 8. Componentes de varianza y heredabilidades (h^2) para las características de producción, composición de leche y edad al primer parto para primeras lactancias, obtenidos mediante modelos univariados.

Característica	σ^2_A	σ^2_e	σ^2_F	h^2
Producción de leche a 305 días (PLECHE) (kg)	7377	22060	29440	0.25 ±0.07
Producción de grasa a 305 días (PGRASA) (kg)	8.95	26.68	35.62	0.25 ±0.06
Producción de proteína a 305 días (PPROT) (kg)	3.03	11.77	14.80	0.20 ±0.10
Contenido de grasa a 305 días (CGRASA) (%)	0.03	0.06	0.09	0.34 ±0.12
Contenido de proteína a 305 días (CPROT) (%)	0.01	0.02	0.03	0.38 ±0.11
Producción de materia útil a 305 días (PMUTIL) (kg)	19.89	60.30	80.19	0.25 ±0.11
Contenido de materia útil a 305 días (CMUTIL) (%)	0.05	0.25	0.29	0.16 ±0.09
Relación de proteína:grasa a 305 días (RP:G)	0.00	0.01	0.01	0.18 ±0.11
Producción de lactosa a 305 días (PLACT) (kg)	5.00	47.09	52.09	0.10 ±0.10
Contenido de lactosa a 305 días (CLACT) (%)	0.02	0.20	0.22	0.09 ±0.09
Producción de sólidos totales a 305 días (PST) (kg)	36.34	289.50	325.80	0.11 ±0.10
Contenido de sólidos totales a 305 días (CST) (%)	0.16	1.30	1.46	0.11 ±0.09
Edad al primer parto (EPP) (años)	0.02	0.11	0.13	0.16 ±0.07

σ^2_A es la varianza genética aditiva; σ^2_e es la varianza residual; σ^2_F es la varianza fenotípica.

Cuadro 9. Componentes de varianza, heredabilidades (h^2) y repetibilidades (re) para las características de producción y composición de leche obtenidos mediante modelos univariados de repetibilidad.

Característica	σ^2_A	σ^2_{AP}	σ^2_e	σ^2_F	h^2	re
Producción de leche a 305 días (PLECHE) (kg)	6941	9933	24960	41830	0.17 ±0.04	0.40 ±0.02
Producción de grasa a 305 días (PGRASA) (kg)	8.04	7.41	21.91	37.36	0.22 ±0.05	0.41 ±0.02
Producción de proteína a 305 días (PPROT) (kg)	4.90	5.05	15.27	25.22	0.19 ±0.05	0.39 ±0.03
Contenido de grasa a 305 días (CGRASA) (%)	0.03	0.03	0.05	0.11	0.25 ±0.06	0.52 ±0.02
Contenido de proteína a 305 días (CPROT) (%)	0.01	0.00	0.02	0.04	0.29 ±0.05	0.35 ±0.03
Producción de materia útil a 305 días (PMUTIL) (kg)	23.87	23.45	77.61	124.90	0.19 ±0.05	0.38 ±0.03
Contenido de materia útil a 305 días (CMUTIL) (%)	0.06	0.05	0.19	0.30	0.20 ±0.05	0.36 ±0.03
Relación de proteína:grasa a 305 días (RP:G)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.33 ±0.06	0.48 ±0.02
Producción de lactosa a 305 días (PLACT) (kg)	11.07	17.14	48.54	76.74	0.14 ±0.05	0.37 ±0.03
Contenido de lactosa a 305 días (CLACT) (%)	0.02	0.01	0.12	0.16	0.14 ±0.04	0.22 ±0.03
Producción de sólidos totales a 305 días (PST) (kg)	55.98	97.49	294.90	448.30	0.12 ±0.05	0.34 ±0.03
Contenido de sólidos totales a 305 días (CST) (%)	0.13	0.18	1.25	1.56	0.08 ±0.04	0.20 ±0.03

σ^2_A es la varianza genética aditiva; σ^2_{AP} es la varianza de ambiente permanente; σ^2_e es la varianza residual; σ^2_F es la varianza fenotípica.

4.3.1 Producción de Leche (kg).

La heredabilidad estimada para PLECHE fue de 0.17 ± 0.04 (cuadro 9) y se encuentra dentro del rango de 0.14 a 0.46 estimado por el método de REML para distintas poblaciones de cabras (Boichard *et al.*, 1989; Mavrogenis *et al.*, 1989; Analla *et al.*, 1996; Ilaji *et al.*, 1998; Kominakis *et al.*, 2000; Gonçalves *et al.*, 2002; Hermiz *et al.*, 2002; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006; Andonov *et al.*, 2007; Valencia *et al.*, 2007).

Boichard *et al.* (1989) estimaron mediante la técnica de REML una heredabilidad de 0.29 para una población de cabras Alpinas y de 0.31 para la raza Saanen. Kala y Prakash (1990), estimaron mediante ANOVA con un modelo semental heredabilidades para cabras Jamunapari como 0.40, y como 0.36 para cabras Barbari. En Brasil, Ribeiro *et al.* (1998) estimaron con el método de REML una heredabilidad de 0.08 para cabras Saanen.

La repetibilidad estimada para PLECHE (0.40 ± 0.02), se encuentra dentro del rango de 0.18 a 0.56 estimado por otros autores para diferentes poblaciones de cabras usando REML (Analla *et al.*, 1996; Ilaji *et al.*, 1998; Ribeiro *et al.*, 1998; Gonçalves *et al.*, 2002; Hermiz *et al.*, 2002; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006; Valencia *et al.*, 2007).

4.3.2 Producción de grasa (kg)

La heredabilidad para PGRASA (0.22 ± 0.05) se encuentra dentro del rango de 0.16 a 0.39 estimado mediante la técnica de REML en estudios previos para caprinos lecheros (Boichard *et al.*, 1989; Rabasco *et al.*, 1993; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006).

La repetibilidad para PGRASA (0.41 ± 0.02), es superior al rango de 0.16 a 0.27 estimado por otros autores para esta misma característica en otras poblaciones de cabras

(Rabasco *et al.*, 1993; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006).

4.3.3 Producción de proteína (kg)

La heredabilidad estimada para PPROT como 0.19 ± 0.05 (cuadro 9), se encuentra dentro del rango de 0.14 a 0.36 estimado por otros autores para diferentes poblaciones de cabras por la metodología de REML (Boichard *et al.*, 1989; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006).

La repetibilidad de PPROT (0.39 ± 0.03), se encuentra por arriba del rango de 0.15 a 0.29 estimado por otros autores para diferentes poblaciones en cabras usando la metodología de REML (Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006).

4.3.4 Contenido de grasa (%)

La heredabilidad para CGRASA de 0.25 ± 0.06 (cuadro 11), se encuentra dentro del rango de 0.14 a 0.50 estimado por otros autores para diferentes poblaciones de cabras (Boichard *et al.*, 1989; Analla *et al.*, 1996; Brežnik *et al.*, 2000; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Andonov *et al.*, 2007).

La repetibilidad para CGRASA de 0.52 ± 0.02 , es superior al rango estimado para esta misma característica en diferentes poblaciones caprinas de 0.25 a 0.36 (Rabasco *et al.*, 1993; Analla *et al.*, 1996; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Andonov *et al.*, 2007). En Francia, Ilaji *et al.* (1998) estimaron la repetibilidad para esta característica como 0.80 empleando un modelo animal y REML.

4.3.5 Contenido de proteína (%)

Para CPROT, la heredabilidad estimada en el presente trabajo con los modelos repetibilidad fue de 0.29 ± 0.05 (cuadro 9). El rango estimado por otros autores para esta misma característica fue de 0.14 a 0.52 (Boichard *et al.*, 1989; Kala y Prakash, 1990; Rabasco *et al.*, 1993; Analla *et al.*, 1996; Brežnik *et al.*, 2000; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Andonov *et al.*, 2007). En Francia, Ilaji *et al.* (1998) estimaron la heredabilidad de esta característica como 0.73 empleando un modelo animal y REML en cabras Alpinas.

La repetibilidad para CPROT de 0.35 ± 0.03 (cuadro 9), se encuentra dentro del rango de 0.19 a 0.47, estimado por otros autores para esta misma característica (Analla *et al.*, 1996; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Andonov *et al.*, 2007). Por otro lado, Ilaji *et al.* (1998) estimaron la repetibilidad de la misma característica como 0.83 empleando un modelo animal y REML en cabras Alpinas.

|

4.3.6 Producción de materia útil (kg)

La heredabilidad estimada para PMUTIL fue de 0.19 ± 0.05 , con una repetibilidad de 0.38 ± 0.03 (cuadro 9). Hasta donde se conoce, no existen estimaciones de estos parámetros para esta característica en caprinos ni en otras especies de rumiantes.

4.3.7 Contenido de materia útil (%)

Para CMUTIL la heredabilidad fue de 0.20 ± 0.05 , con una repetibilidad de 0.36 ± 0.03 (cuadro 9). Tampoco existen, hasta donde se conoce, estimaciones de estos mismos parámetros para esta característica en caprinos ni en otras especies de rumiantes.

4.3.8 Relación proteína:grasa

La heredabilidad estimada para la relación proteína:grasa fue de 0.33 ± 0.06 (cuadro 9). No existen estimaciones publicadas para esta misma característica en caprinos. En bovinos las estimaciones para esta característica han sido superiores, encontrándose entre 0.69 y 0.79 (Meinert *et al.*, 1989; Vos y Groen, 1998). La repetibilidad estimada para RP:G fue de 0.48 ± 0.02 (cuadro 9).

4.3.9 Producción de lactosa (kg)

La heredabilidad estimada para PLACT fue de 0.14 ± 0.05 y la repetibilidad estimada fue de 0.37 ± 0.03 (cuadro 9). No existen estimaciones previas de parámetros publicadas para esta característica en caprinos lecheros. En bovinos lecheros, existe menos información al respecto para esta característica en comparación con grasa y proteína. La heredabilidad estimada para PLACT (cuadro 9) se encuentra abajo del rango de 0.26 a 0.54 estimado en bovinos lecheros (Welper y Freeman, 1992; Miglior *et al.*, 2007). La repetibilidad para PLACT fue de 0.48 ± 0.02 (cuadro 9).

4.3.10 Contenido de lactosa (%)

La heredabilidad estimada con el modelo de repetibilidad para CLACT fue de 0.14 ± 0.04 (cuadro 9). Únicamente existen 3 trabajos publicados en los cuales estimaron la heredabilidad de esta característica en cabras. Andovov *et al.* (2007) en Noruega, la estimaron como 0.27, con 2111 cabras empleando un modelo animal y REML. En Eslovenia, Brežnik *et al.* (2000) la estimaron como 0.23 con un modelo univariado y como 0.21 con un modelo multivariado mediante REML y con información de 1805 cabras Alpinas y Saanen. En India, Kala y Prakash (1989), la estimaron por ANOVA con un modelo semental como 0.36 ± 0.15 utilizando únicamente 328 cabras Jamunapari. En bovinos las estimaciones para esta característica han sido superiores, encontrándose entre 0.43 y 0.72 (Welper y Freeman, 1992; Vos y Groen, 1998; Miglior *et al.*, 2007).

La repetibilidad estimada para CLACT de 0.22 ± 0.03 (cuadro 9), es menor al valor de 0.51 obtenido por Andonov *et al.* (2007) para cabras Noruegas.

4.3.11 Producción de sólidos totales (kg)

La heredabilidad estimada fue de 0.12 ± 0.05 (cuadro 9). En cabras existen pocas estimaciones para esta característica. Rabasco *et al.* (1993) mediante la técnica de ANOVA y un modelo semental estimaron una heredabilidad de 0.10 ± 0.30 con 440 cabras de la raza Verata en tres granjas experimentales.

La repetibilidad estimada para PST fue de 0.34 ± 0.03 (cuadro 9). En el mismo estudio mencionado de Rabasco *et al.* (1993) la estimaron como 0.66 ± 0.07 .

4.3.12 Contenido de sólidos totales (%)

La heredabilidad estimada en este estudio fue de 0.08 ± 0.04 (cuadro 9). En cabras existen pocas estimaciones para esta característica. Rabasco *et al.* (1993) mediante la técnica de ANOVA y un modelo semental estimaron una heredabilidad de 0.52 ± 0.26 con 440 cabras de la raza Verata en tres granjas experimentales.

Kala y Prakash (1989), estimaron mediante la técnica de ANOVA y un modelo semental con únicamente 328 cabras Jamunapari y con 264 cabras Barbari, heredabilidades de 0.48 ± 0.11 y 0.42 ± 0.11 , respectivamente.

La repetibilidad estimada en este estudio para PST fue de 0.20 ± 0.03 (cuadro 9).

4.3.13 Edad al primer parto (años)

La heredabilidad de la edad al primer parto fue de 0.16 ± 0.07 (cuadro 9), similar a la estimada mediante la técnica de REML y con un modelo animal por Bagnicka *et al.* (2007) de 0.13 ± 0.04 en cabras polacas. También está dentro del rango de las estimaciones obtenidas en bovinos lecheros que se encuentran entre 0.10 y 0.38 (Grosshaus *et al.*, 1997; Ruíz-Sánchez *et al.*, 2007).

4.4 Correlaciones genéticas y fenotípicas

Las correlaciones genéticas y fenotípicas para los modelos bivariados para primeras lactancias y para los modelos bivariados de repetibilidad se presentan en los cuadros 10 y 11, respectivamente.

Para los modelos que utilizaron información de primeras lactancias, los errores estándar de las correlaciones genéticas estuvieron en el rango de 0.01 a 0.68, y para las correlaciones fenotípicas los errores estándar fueron menores o iguales a 0.07. Para los modelos de repetibilidad, los errores estándar de las correlaciones genéticas estuvieron en el rango de 0.01 a 0.38, y éstos fueron menores o iguales a 0.07 para las correlaciones fenotípicas. Por otro lado, con base en los intervalos aproximados con 95% de confianza obtenidos como el valor del estimado ± 2 x error estándar, las correlaciones para las primeras lactancias no fueron diferentes a las correlaciones estimadas con los modelos de repetibilidad. Basados en lo anterior, únicamente se discuten los resultados obtenidos con los modelos bivariados de repetibilidad.

Las correlaciones genéticas de producción de leche con las características de producción (grasa, proteína, materia útil, lactosa y sólidos totales) fueron altas y positivas (de 0.78 a 0.89); y las correlaciones de producción de leche con los contenidos de: grasa, proteína, materia útil, lactosa y sólidos totales, fueron todas negativas (-0.39 a -0.16). Las correlaciones genéticas de PGRASA, PPROT, PMUTIL, PLACT, PST, con sus respectivos contenidos fueron positivas (0.29 a 0.62). Las correlaciones genéticas de RP:G con PLECHE, RP:G con PPROT y RP:G con CPROT fueron de 0.07, 0.08, 0.20, respectivamente; para RP:G con PLACT, RP:G con CLACT y RP:G con EPP fueron de 0.22, 0.11 y 0.07, respectivamente. Las correlaciones genéticas de RP:G con las producciones y contenidos de grasa, materia útil y sólidos totales fueron también negativas (de -0.79 a -0.24). Las correlaciones de la EPP con PLECHE, EPP con PGRASA y EPP con PPROT fueron moderadamente negativas (-0.24, -0.15 y -0.18, respectivamente).

Las correlaciones fenotípicas de PLECHE con las características de producción (grasa, proteína, materia útil, lactosa y sólidos totales) fueron altas y positivas (0.75 a 0.93); y las correlaciones fenotípicas de PLECHE con el CGRASA, CPROT, CMUTIL y CST fueron negativas (-0.30 a -0.11). Únicamente la correlación de PLECHE con CLACT fue cercana a cero (0.02). Las correlaciones genéticas de PGRASA, PPROT, PMUTIL, PLACT, PST, con sus respectivos contenidos fueron positivas (de 0.12 a 0.69). Las correlaciones fenotípicas de RP:G con PLECHE, RP:G con PPROT y RP:G con CPROT fueron ligeramente positivas (0.09, 0.15 y 0.18, respectivamente); mientras que las correlaciones de RP:G con las producciones y contenidos de grasa, materia útil y sólidos totales estuvieron en el rango de -0.78 a -0.04. Las correlaciones fenotípicas de EPP con las producciones y contenidos de leche, grasa, proteína y materia útil fueron cercanas a cero (de 0.01 a 0.14); y las correlaciones de EPP con las producciones y contenidos de lactosa y sólidos totales fueron cercanas a cero (-0.07 a -0.02).

Cuadro 10. Correlaciones genéticas y fenotípicas para las características de producción, composición de leche y edad al primer parto obtenidos mediante modelos bivariados en primeras lactancias.

	PLECHE	PGRASA	PPROT	CGRASA	CPROT	PMUTIL	CMUTIL	RP:G	PLACT	CLACT	PST	CST	EPP
PLECHE	-	<u>0.90</u>	<u>0.95</u>	-0.04	<u>-0.25</u>	0.89	<u>-0.17</u>	-0.08	<u>0.87</u>	0.02	<u>0.86</u>	-0.09	0.03
PGRASA	<u>0.90</u>	-	<u>0.88</u>	<u>0.48</u>	0.04	<u>0.93</u>	<u>0.31</u>	<u>-0.49</u>	<u>0.69</u>	0.01	<u>0.76</u>	0.05	0.03
PPROT	<u>0.92</u>	<u>0.92</u>	-	<u>0.11</u>	<u>0.16</u>	<u>0.96</u>	<u>0.16</u>	-0.01	<u>0.77</u>	-0.01	<u>0.80</u>	-0.05	0.02
CGRASA	0.22	<u>0.86</u>	<u>0.74</u>	-	<u>0.43</u>	<u>0.33</u>	<u>0.80</u>	<u>-0.81</u>	-0.07	0.01	0.06	<u>0.22</u>	<u>0.13</u>
CPROT	-0.18	<u>0.53</u>	<u>0.64</u>	<u>0.58</u>	-	<u>0.10</u>	<u>0.80</u>	<u>0.16</u>	<u>-0.28</u>	-0.02	<u>-0.18</u>	<u>0.16</u>	0.10
PMUTIL	<u>0.94</u>	<u>1.00</u>	<u>0.97</u>	<u>0.84</u>	0.45	-	<u>0.39</u>	<u>-0.30</u>	<u>0.70</u>	0.00	<u>0.75</u>	0.02	0.03
CMUTIL	0.15	<u>0.91</u>	<u>0.74</u>	<u>1.00</u>	<u>0.63</u>	<u>0.80</u>	-	<u>-0.66</u>	<u>-0.12</u>	0.02	-0.01	<u>0.21</u>	0.07
RP:G	-0.41	<u>-0.69</u>	-0.35	<u>-0.69</u>	0.24	<u>-0.65</u>	<u>-0.58</u>	-	-0.05	-0.03	<u>-0.14</u>	<u>-0.16</u>	-0.04
PLACT	<u>0.93</u>	0.51	<u>0.66</u>	0.44	-0.01	0.45	0.33	-0.81	-	<u>0.57</u>	<u>0.97</u>	<u>0.45</u>	-0.02
CLACT	-0.49	-0.50	-0.53	0.06	0.11	-0.48	0.35	-0.46	0.46	-	<u>0.53</u>	<u>0.90</u>	-0.09
PST	<u>0.92</u>	<u>0.70</u>	<u>0.72</u>	0.68	0.13	<u>0.65</u>	0.59	<u>-0.92</u>	<u>1.00</u>	0.49	-	<u>0.51</u>	0.00
CST	-0.43	-0.18	-0.40	0.44	0.24	-0.20	0.74	-0.56	0.48	<u>0.99</u>	0.48	-	-0.04
EPP	-0.28	0.18	-0.24	<u>0.67</u>	0.09	0.16	<u>0.67</u>	-0.57	-0.28	-0.35	-0.15	-0.11	-

PLECHE es producción de leche; PGRASA es producción de grasa; PPROT es producción de proteína; CGRASA es contenido de grasa; CPROT es contenido de proteína; PMUTIL es producción de materia útil; CMUTIL es contenido de materia útil; RP:G es relación proteína:grasa; PLACT es producción de lactosa; CLACT es contenido de lactosa; PST es producción de sólidos totales; CST es contenido de sólidos totales; y EPP es edad al primer parto. Correlaciones fenotípicas arriba de la diagonal y correlaciones genéticas debajo de la diagonal.

En subrayado se muestran las correlaciones significativamente diferentes de cero ($P < 0.05$), cuando el valor absoluto del fue mayor a dos veces el error estándar.

Cuadro 11. Correlaciones genéticas y fenotípicas para las características de producción y composición de leche para todas las lactancias, obtenidos mediante modelos bivariados de repetibilidad.

	PLECHE	PGRASA	PPROT	CGRASA	CPROT	PMUTIL	CMUTIL	RP:G	PLACT	CLACT	PST	CST	EPP
PLECHE	-	<u>0.86</u>	<u>0.93</u>	<u>-0.28</u>	<u>-0.30</u>	<u>0.89</u>	<u>-0.30</u>	<u>0.09</u>	<u>0.75</u>	0.02	<u>0.84</u>	<u>-0.11</u>	0.06
PGRASA	<u>0.78</u>	-	<u>0.86</u>	<u>0.30</u>	-0.04	<u>0.95</u>	<u>0.20</u>	<u>-0.37</u>	<u>0.56</u>	0.00	<u>0.74</u>	0.04	0.01
PPROT	<u>0.88</u>	<u>0.82</u>	-	<u>-0.10</u>	<u>0.12</u>	<u>0.95</u>	-0.01	<u>0.15</u>	<u>0.65</u>	-0.02	<u>0.80</u>	-0.05	0.04
CGRASA	<u>-0.39</u>	<u>0.40</u>	0.01	-	<u>0.44</u>	<u>0.13</u>	<u>0.86</u>	<u>-0.78</u>	<u>-0.19</u>	-0.05	<u>-0.06</u>	<u>0.22</u>	0.07
CPROT	<u>-0.34</u>	0.08	0.29	<u>0.45</u>	-	<u>0.05</u>	<u>0.79</u>	<u>0.18</u>	<u>-0.27</u>	-0.05	<u>-0.20</u>	<u>0.19</u>	<u>0.14</u>
PMUTIL	<u>0.85</u>	<u>0.98</u>	<u>0.93</u>	0.30	0.19	-	<u>0.21</u>	<u>-0.15</u>	<u>0.59</u>	-0.01	<u>0.76</u>	0.01	0.01
CMUTIL	<u>-0.33</u>	<u>0.35</u>	0.17	<u>0.95</u>	<u>0.70</u>	0.29	-	<u>-0.56</u>	<u>-0.22</u>	-0.04	<u>-0.11</u>	<u>0.22</u>	0.03
RP:G	0.08	<u>-0.47</u>	0.10	<u>-0.79</u>	0.20	-0.25	<u>-0.53</u>	-	<u>0.06</u>	0.02	-0.04	<u>-0.14</u>	0.02
PLACT	<u>0.82</u>	0.32	0.42	<u>-0.54</u>	<u>-0.68</u>	0.37	<u>-0.57</u>	0.22	-	<u>0.69</u>	<u>0.78</u>	<u>0.30</u>	-0.05
CLACT	-0.16	-0.31	-0.50	-0.36	<u>-0.88</u>	-0.38	-0.43	0.11	<u>0.62</u>	-	<u>0.38</u>	<u>0.62</u>	-0.07
PST	<u>0.89</u>	<u>0.83</u>	<u>0.79</u>	0.04	-0.29	<u>0.84</u>	-0.06	-0.24	<u>0.88</u>	0.45	-	<u>0.48</u>	-0.03
CST	-0.25	0.17	-0.19	<u>0.51</u>	-0.02	0.06	<u>0.51</u>	<u>-0.51</u>	0.32	<u>0.65</u>	0.44	-	-0.02
EPP	-0.24	-0.15	-0.18	0.16	0.06	-0.20	0.04	0.07	-0.20	-0.09	-0.22	-0.07	-

PLECHE es producción de leche; PGRASA es producción de grasa; PPROT es producción de proteína; CGRASA es contenido de grasa; CPROT es contenido de proteína; PMUTIL es producción de materia útil; CMUTIL es contenido de materia útil; RP:G es relación proteína:grasa; PLACT es producción de lactosa; CLACT es contenido de grasa; PST es producción de sólidos totales; CST es contenido de sólidos totales; y EPP es edad al primer parto. Correlaciones fenotípicas arriba de la diagonal y correlaciones genéticas debajo de la diagonal.

En subrayado se muestran las correlaciones significativamente diferentes de cero ($P < 0.05$), cuando el valor absoluto del fue mayor a dos veces el error estándar.

4.4.1 Correlaciones genéticas

Las correlaciones genéticas de producción de leche con las producciones de grasa (0.78) y proteína (0.88) (cuadro 11), se encuentran dentro del rango de estimados con el método de REML (0.72 a 0.97) en distintas poblaciones de caprinos lecheros (Kennedy *et al.*, 1982; Boichard *et al.*, 1989; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006).

La correlación genética de PLECHE con PLACT fue de 0.82 (cuadro 11). No se encontraron estimaciones previas publicadas de correlaciones genéticas de estas dos características en caprinos; sin embargo, en bovinos lecheros Miglior *et al.* (2007) usando metodología bayesiana estimaron un valor parecido (0.98).

No existen en caprinos estimaciones publicadas de correlaciones genéticas de PLECHE con PST. La correlación genética en este estudio fue de 0.89 (cuadro 11). En bovinos, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante la técnica de REML un valor similar (0.98).

La correlación genética de RP:G con PLECHE fue de 0.08 (cuadro 11). No existen estimaciones publicadas de correlaciones de estas características en caprinos. En bovinos, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante la técnica de REML correlaciones genéticas cercanas a cero (0.03), utilizando 374 registros de vacas Jersey de primeras lactancia. En bovinos lecheros, Vos y Groen (1998) estimaron una correlación genética de PLACT con RP:G de 0.18; y Meinert *et al.* (1989) estimaron mediante la técnica de REML una correlación de PLACT con RP:G de 0.19.

Las correlaciones genéticas de PLECHE con los contenidos de grasa (-0.39) y proteína (-0.34) (cuadro 11), fueron similares a las estimadas en caprinos lecheros con un rango de -0.89 a -0.02 (Boichard *et al.*, 1989; Analla *et al.*, 1996; Ilaji *et al.*, 1998; Muller *et al.*, 2002; Bömkes *et al.*, 2004; Bagnicka *et al.*, 2004).

En caprinos lecheros, no existen estimaciones confiables de correlaciones genéticas de PLECHE con CLACT, el valor obtenido en este estudio fue de -0.16 (cuadro 11). En India, Kala y Prakash (1990) estimaron por ANOVA con un modelo semental correlaciones genéticas con únicamente 338 cabras Jamunapari (0.63) y 264 cabras Barbari (0.65). En bovinos lecheros, Miglior *et al.* (2007) usando metodología bayesiana estimaron correlaciones ligeramente positivas (0.10) de PLECHE con CLACT. Sin embargo, Welper y Freeman (1992), estimaron correlaciones genéticas desfavorables (-0.30) de PLECHE con CLACT, utilizando la metodología de REML y un modelo semental.

En este estudio, la correlación genética de PLECHE con CST fue de -0.25 (cuadro 11). Kala y Prakash (1990), estimaron por ANOVA con un modelo semental correlaciones genéticas con elevados errores estándar de PLECHE con CST utilizando 338 cabras Jamunapari (0.31 ± 0.41) y 264 cabras Barbari (0.11 ± 0.17). En bovinos Jersey, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante REML dicha correlación genética como -0.42.

La correlación genética de PLECHE con EPP de este estudio fue de -0.24 (cuadro 11). Kennedy *et al.* (1982) estimaron mediante MINQUE en caprinos, correlaciones genéticas de -0.06 a -0.05 de EPP con PLECHE para datos ajustados a edad-estación y de 0.24 a 0.38 para datos no ajustados. En bovinos, diversos autores han estimado también correlaciones genéticas negativas entre estas características con un rango de -0.44 a -0.20 (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2007).

Las correlaciones genéticas de PGRASA con PPROT (0.82), de PGRASA con CGRASA (0.40) y de PGRASA con CPROT (0.08) (cuadro 11), estuvieron dentro del rango de estimados previos, de 0.69 a 0.96, de 0.28 a 0.48, y de -0.14 a 0.08, respectivamente, obtenidos por diversos autores en diferentes poblaciones de caprinos lecheros (Boichard *et al.*, 1989; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006).

Las correlaciones genéticas de PGRASA con PG:P, PGRASA con PST y de PGRASA con CST fueron de -0.47, 0.83 y 0.17, respectivamente. En bovinos, Roman y Wilcox (2000) obtuvieron estimados mediante la técnica de REML de correlaciones genéticas de PGRASA con PG:P de -0.66, de PGRASA con PST de 0.83 y de PGRASA con CST de 0.06.

Las correlaciones genéticas de PGRASA con PLACT, y de PGRASA con CLACT fueron de 0.32 y -0.31 respectivamente. En bovinos, Welper y Freeman (1992) estimaron correlaciones genéticas de PGRASA con PLACT de 0.79, y de PGRASA con CLACT de -0.02 utilizando la metodología de REML y un modelo semental.

La correlación genética de PPROT con CPROT de este estudio fue de 0.29 (cuadro 11). En caprinos, Bömkes *et al.* (2004) estimaron mediante la técnica de REML con un modelo animal una correlación genética de PPROT con CPROT de 0.59. Muller *et al.* (2002) estimaron mediante la técnica de REML con un modelo animal una correlación genética de 0.23 ± 0.14 y Bagnicka *et al.* (2004) estimaron mediante la técnica de REML y con un modelo animal una correlación genética de 0.12 ± 0.05 .

Las correlaciones genéticas de PPROT con PLACT y de PPROT con CLACT fueron de 0.42 y -0.50 respectivamente. En bovinos, Welper y Freeman (1992) utilizando la metodología de REML y un modelo semental estimaron correlaciones genéticas de PPROT con PLACT de 0.94, y de PPROT con CLACT de 0.01.

Las correlaciones genéticas de PPROT con PST y de PPROT con CST fueron de 0.79 y -0.19 respectivamente. En bovinos, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante REML una correlación genética de PPROT con PST de 0.96; sin embargo, estimaron una correlación cercana a cero de PPROT con CST (0.07).

La correlación genética de CGRASA con CPROT obtenida en este estudio (0.45) (cuadro 11), estuvo dentro del rango estimado por otros autores en distintas poblaciones de caprinos lecheros (0.25 a 0.62) (Boichard *et al.*, 1989; Kala y Prakash,

1990; Analla *et al.*, 1996; Ilaji *et al.*, 1998; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004).

Las correlaciones genéticas de CGRASA con RP:G y de CGRASA con CST en este estudio fueron de -0.79 y 0.51, respectivamente. En bovinos, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante REML correlaciones genéticas de CGRASA con RP:G de -0.70 y de CGRASA con CST de 0.70.

Las correlaciones genéticas de CGRASA con PLACT, CGRASA con CLACT, CPROT con PLACT y CPROT con CLACT fueron de -0.54, -0.36, -0.68 y -0.88, respectivamente. En bovinos, Welper y Freeman (1992) estimaron utilizando la metodología de REML y un modelo semental correlaciones genéticas de CGRASA con PLACT, CGRASA con CLACT, CPROT con PLACT y CPROT con CLACT de -0.35, 0.16, -0.37 y 0.29, respectivamente. Basados en tamaños de muestra pequeños, Kala y Prakash (1990) estimaron mediante ANOVA con un modelo semental en caprinos correlaciones genéticas negativas de CGRASA con CLACT y de CPROT con CLACT de -0.27 a -0.04 y de -0.48 a -0.09, respectivamente. Por otro lado, Brežnik *et al.* (2000) estimaron mediante la técnica de REML correlaciones genéticas positivas para estas mismas características como 0.27 y 0.01, respectivamente.

4.4.2 Correlaciones fenotípicas

Las correlaciones fenotípicas de PLECHE con PGRASA (0.86) y PLECHE con PPROT (0.93) fueron altas y positivas (cuadro 11). Varios autores (Boichard *et al.*, 1989; Rabasco *et al.*, 1993; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006) han estimado correlaciones fenotípicas similares para estas mismas características con un rango de 0.68 a 0.96.

Las correlaciones de PLECHE con CGRASA (-0.28) y PLECHE con CPROT (-0.30) fueron negativas (cuadro 11). Estas estuvieron dentro del rango estimado por otros autores en caprinos lecheros de -0.48 a -0.08 utilizando REML (Analla *et al.*, 1996; Ilaji *et al.*, 1998; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004).

Las correlaciones fenotípicas de PLECHE con PLACT y de PLECHE con CLACT fueron de 0.75 y 0.02, respectivamente. En caprinos Kala y Prakash (1990) estimaron mediante ANOVA con un modelo semental correlaciones fenotípicas de PLECHE con CLACT utilizando 338 cabras Jamunapari de 0.13 y de 0.24 con 264 cabras Barbari. En bovinos, Miglior *et al.* (2007) mediante la metodología bayesiana encontraron correlaciones altas de PLECHE con PLACT (0.99) y de PLECHE con CLACT (0.25). Welper y Freeman (1992) estimaron correlaciones fenotípicas de PLECHE con PLACT y de PLECHE con CLACT de 0.96 y -0.08, utilizando la metodología de REML y un modelo semental.

Las correlaciones fenotípicas de PLECHE con PST y de PLECHE con CST fueron de 0.84 y -0.11, respectivamente. En bovinos, Roman y Wilcox (2000) también estimaron mediante REML una correlación fenotípica alta y positiva de PLECHE con PST (0.99) y una correlación negativa de PLECHE con CST (-0.27). En India, Kala y Prakash (1990) estimaron por ANOVA con un modelo semental correlaciones fenotípicas de PLECHE con CST en cabras Jamunapari (0.01 ± 12) y en cabras Barbari (0.11 ± 09).

En bovinos, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante REML una correlación fenotípica de PLECHE con RP:G de 0.03, similar a la obtenida en el presente estudio de 0.09 (cuadro 11). Para estas mismas características Vos y Groen (1998) estimaron mediante REML en bovinos una correlación de 0.18.

Las correlaciones fenotípicas de PGRASA con PPROT (0.86), de PGRASA con CGRASA (0.30), de PGRASA con CPROT (-0.04), de CGRASA con CPROT (0.44), de PPROT con CPROT (0.12) y de PPROT con CGRASA (-0.10) (cuadro 11), estuvieron dentro de los rangos de estimados por distintos autores en diferentes poblaciones de caprinos lecheros de 0.81 a 0.94, de 0.29 a 0.45, de 0.00 a 0.04, de 0.12 a 0.81, de 0.06 a 0.17 y de -0.05 a 0.01, respectivamente (Boichard *et al.*, 1989; Kala y Prakash, 1990; Rabasco *et al.*, 1993; Analla *et al.*, 1996; Ilaji *et al.*, 1998; Muller *et al.*, 2002; Bagnicka *et al.*, 2004; Bömkes *et al.*, 2004; Delgado *et al.*, 2006).

Únicamente en bovinos lecheros se han estimado correlaciones fenotípicas de RP:G con producciones y contenidos. En bovinos, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante REML correlaciones de RP:G con PGRASA (-0.28), RP:G con CGRASA (-0.72), RP:G con PPROT (0.10) y RP:G con CPROT (0.23), las que son similares a las estimadas para esas mismas características en este estudio de -0.37, -0.78, 0.15 y 0.18, respectivamente (cuadro 11). En bovinos lecheros, Vos y Groen (1998) estimaron mediante REML correlaciones genéticas de RP:G con CGRASA y de RP:G con CPROT con valores de -0.52 y -0.61, respectivamente.

Las correlaciones fenotípicas de PLACT con PGRASA, PLACT con PPROT, PLACT con CGRASA y PLACT con CPROT fueron 0.56, 0.65, -0.19 y -0.27, respectivamente. En bovinos, Welper y Freeman (1992), empleando REML estimaron para esas mismas características correlaciones fenotípicas de 0.79, 0.94, -0.30 y -0.27, respectivamente.

Las correlaciones fenotípicas de CLACT con PGRASA, CLACT con PPROT, CLACT con CGRASA y CLACT con CPROT fueron 0.00, -0.02, -0.05 y -0.05, respectivamente. En bovinos, Welper y Freeman (1992), mediante REML estimaron para esas mismas características correlaciones fenotípicas de -0.16, -0.21, 0.16 y 0.29, respectivamente. En cabras, Kala y Prakash (1990) estimaron mediante ANOVA correlaciones fenotípicas CLACT con CGRASA y de CLACT con CPROT en 338 cabras Jamunapari (de 0.05 ± 0.12 y -0.21 ± 0.11 , respectivamente), y en 264 cabras Barbari (de -0.23 ± 0.09 y -0.48 ± 0.08 , respectivamente).

Las correlaciones fenotípicas de PST con PGRASA, PST con PPROT, PST con CGRASA y PST con CPROT fueron de 0.72, 0.80, -0.06 y -0.20, respectivamente. En bovinos, Roman y Wilcox (2000) estimaron mediante REML correlaciones fenotípicas para estas mismas características de 0.90, 0.97, -0.11 y -0.08, respectivamente.

Las correlaciones fenotípicas de CST con PGRASA (0.04), CST con PPROT (-0.05), CST con CGRASA (0.22) y CST con CPROT (0.19) fueron similares, en cuanto

a tendencia, a las estimadas mediante REML por Roman y Wilcox (2000) en bovinos para esas mismas características de 0.06, 0.05, 0.60 y 0.92, respectivamente. En India, Kala y Prakash (1990) estimaron las correlaciones fenotípicas de CST con CGRASA y CST con CPROT con cabras Jamunapari (0.18 ± 0.11 y -0.32 ± 0.11) y cabras Barbari (0.29 ± 0.08 y -0.37 ± 0.08).

La correlación fenotípica de PLECHE con EPP fue de 0.06 (cuadro 11). Kennedy *et al.* (1982) estimaron mediante MINQUE en caprinos correlaciones fenotípicas de EPP con PLECHE para datos ajustados para la edad-estación (de 0.00 a 0.04) y para datos no ajustados (de 0.21 a 0.22). En bovinos, algunos autores han estimado correlaciones fenotípicas que van de negativas a cercanas a cero (-0.20 a -0.06) (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2007).

Este es el primer estudio en México donde se estiman los parámetros genéticos para producción de grasa (PGRASA), contenido de grasa (CGRASA), producción de proteína (PPROT), contenido de proteína (CPROT), producción de materia útil (PMUTIL), contenido de materia útil (CMUTIL), producción de lactosa (PLACT), contenido de lactosa (CLACT), producción de sólidos totales (PST), contenido de sólidos totales (CST), relación proteína:grasa (RP:G) y edad al primer parto (EPP), consideradas como características de importancia económica en caprinos lecheros.

Por otro lado, este es uno de los primeros trabajos a nivel mundial en el cual se estimaron parámetros genéticos con para producción de lactosa (PLACT), contenido de lactosa (CLACT), producción de sólidos (PST), contenido de sólidos totales (CST) y edad al primer parto (EPP) en caprinos lecheros, incluyendo sus correlaciones genéticas con otras características más estudiadas como producciones y contenidos de la leche. Lo anterior permitió estimar parámetros genéticos más precisos en comparación a estudios previos en caprinos lecheros, donde la literatura es escasa o tienen tamaños de muestras pequeños.

Las heredabilidades para PLECHE, PGRASA, PPROT, CGRASA, CPROT y EPP, estuvieron dentro del rango de estimaciones confiables obtenidas en diversas

poblaciones de caprinos lecheros a nivel internacional. Por otro lado, las estimaciones de heredabilidades para PLACT, PST y CST, se encuentran dentro del rango estimado en bovinos lecheros. Para CLACT y RP:G, las estimaciones de heredabilidad fueron inferiores a las estimadas en bovinos lecheros. No se encontraron estimaciones previas de parámetros genéticos para PMUTIL ó CMUTIL.

Diversos autores han estimado que el CTS es el mejor predictor de la producción de queso de cabra fresco (Guo *et al.*, 2004; Zeng *et al.*, 2007). Con base en lo anterior, PLECHE y CST parecen ser buenas opciones para ser usados como criterios de selección, aumentando la producción de leche mientras se mantienen los contenidos de grasa y proteína.

En necesario llevar a cabo estudios en México para la inclusión de las características evaluadas en un programa de selección para múltiples características, considerando aspectos económicos y del mercado para la leche producida.

5 CONCLUSIONES

Tomando como referencia intervalos de confianza aproximados del 95%, las heredabilidades estimadas para las primeras lactancias no fueron diferentes a las heredabilidades estimadas con los modelos de repetibilidad.

Las heredabilidades obtenidas en el presente trabajo muestran que la selección para la producción y contenidos de la leche es posible en esta población.

Las estimaciones confirman que las correlaciones genéticas de producción de leche con la producción de grasa, producción de leche con producción de proteína, producción de leche con producción de materia útil, producción de leche con producción de lactosa y producción de leche con producción de sólidos totales, fueron altas y positivas, lo que indica que existirán respuestas genéticas correlacionadas favorables si seleccionamos únicamente para producción de leche.

Las correlaciones genéticas negativas revelaron una asociación desfavorable de la producción de leche con contenido de grasa, contenido de proteína, contenido de materia útil, contenido de lactosa y contenido de sólidos totales, lo que podría afectar el rendimiento de ciertos productos como quesos.

Las correlaciones genéticas de producción de lactosa con producción de leche, producción de grasa, producción de proteína, producción de materia útil, relación proteína:grasa, contenido de lactosa, producción de sólidos totales y producción de contenido de sólidos totales, fueron positivas.

Las correlaciones genéticas de contenido de lactosa con producción de leche, producción de grasa, producción de proteína, contenido de grasa, contenido de proteína, producción de materia útil y contenido de materia útil fueron negativas.

Las correlaciones genéticas de producción de sólidos totales con producción de leche, producción de grasa, producción de proteína, producción de materia útil, y contenido de sólidos totales, fueron positivas.

Las correlaciones genéticas de contenido de sólidos totales con contenido de grasa, contenido de materia útil y contenido de lactosa fueron positivas. La correlación genética de contenido de sólidos totales con la relación proteína:grasa fue negativa.

Las correlaciones genéticas de la edad al primer parto con la producción de leche, producción de grasa y producción de proteína, fueron negativas e indican que existirán respuestas correlacionadas favorables a la selección sobre estas características.

6 REFERENCIAS

- Andonov S, Kovak M, Kompan D, Dzbirski V. Estimation of covariance components for test day production in dairy goat. In: 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1998 January 11-16; Armidale, Australia, 1998: 145-148.
- Analla M, Jiménez-Gamero I, Muñoz-Serrano A, Serradilla JM, Falagán A. Estimation of genetics parameters for milk yield and fat and protein contents. *J Dairy Sci* 1996; 79: 1895-1898.
- Bagnicka E, Wallin E, Łukaszewicz M, Adnøy T. Heritability for reproduction traits in Polish and Norwegian populations of dairy goat. *Small Rum Res* 2007; 68: 256-262.
- Bagnicka E, Distl O, Hamann H, Łukaszewicz M. Heritabilities of and genetic correlations between the dairy traits in goats estimated in first vs later lactations. *Animal Science Papers and Reports* 2004; 22 (2): 205-213.
- Boichard D, Bouloc N, Ricordeau G, Piacere A, Barillet F. Genetic parameters for first lactation dairy traits in the Alpine and Saanen goat breeds. *Genet Sel Evol* 1989; 21: 205-215.
- Bömkes D, Hamann H, Distl O. Estimation of genetic parameters for test day records of milk performance traits in German Improved Fawn. *Archiv fur Tierzucht Forschungsinstitut fur die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Dummerstorf, Germany* 2004; 47 (2): 193-202.
- Brežnik S, Marlovrh S, Kovač M, Birtič D, Kompan D. Additive genetic and environmental variance components for milk traits in goat with test day model. *Zootehnika* 2000; 76 (1): 61-67.
- Delgado JV, León JM, Gama LT, Lozano J, Quiroz J, Camacho ME. Genetic parameters for milk traits in Murciano-Granadina goats in the high lands. In: 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 2006 August 13-18; Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 2006: 145-148.
- Falconer DS, Mackay TFC. *Introducción a la genética cuantitativa*. Zaragoza, España: Acribia, 2001.

- FAO. 2007. Food and Agriculture Organization [homepage on the internet]. Agricultural Statistics. Available from: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569>
- Gianola D, Fernando RL. Bayesian methods in animal breeding theory. *J Anim Sci* 1986; 63: 217-244.
- Gilmour AR, Thompson R. Modelling variance parameters in ASREML for repeated measures data. In: 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1998 January 11-16; Armidale, Australia, 1998: 453-454
- Gonçalves HC, De Almeida M, Wechsler FS, Ramos AA, Pulz LM, Creste T. Genetics parameters and trend for goat milk production in Brazil. *R Bras Zootec* 2002; 31: 2204-2208.
- Grosshaus T, Xu ZZ, Burton LJ, Johnson DL, Macmillan KL. Performance and genetic parameters for fertility of seasonal dairy cows in New Zealand. *Livest Prod Sci* 1997; 51: 41-51.
- Guo M, Park YW, Dixon PH, Gilmore JA, Kindstedt PS. Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk. *Small Rum Res* 2004; 52: 103-107.
- Henderson CR. Estimation of variance and covariance components. *Biometrics* 1953; 9: 226-252.
- Hermiz HN, Al-Rawi AA, Alkass JE, Singh M. Genetic evaluation of Iraqi local goats and their crosses using milk traits. In: 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 2002 August 19-23; Montpellier, France, 2002: 85-87.
- Hofer A. Variance component estimation in animal breeding: a review. *J Anim Breed Genet* 1998; 115: 247-265.
- Ilahi H, Chastin P, Martin J, Monod F, Manfredi E. Genetic association between milking speed and milk production. In: 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1998 January 11-16; Armidale, Australia, 1998: 216-219
- INIA. Estima de componentes de varianza. In: XVI Curso Internacional de Mejora Genética Animal; 2006 Octubre 2-31; Madrid, España, 2006.
- INIA. Estima de componentes de varianza. In: IX Curso Internacional de Mejora Genética Animal; 1999 Octubre 4-29; Madrid, España, 1999.

- ICAR. 2007. International Committee for Animal Recording [homepage on the internet] 2007. Available from: <http://www.icar.org/>
- Kala SN, Prakash PB. Genetic and phenotypic parameters of milk yield and milk composition in two Indian goat breeds. *Small Rum Res* 1990; 3: 475-484.
- Kaps M, Lamberson WR. *Biostatistics for animal science*. UK: CABI Publishing, 2004.
- Kennedy BW, Finley CM, Bradford GE. Phenotypic and genetic relationships between reproduction and milk production in dairy goats. *J Dairy Sci* 1982; 65: 2373-2383.
- Kinghorn BP, Kinghorn AJ. *Pedigree Viewer 5.0 - a program for drawing and manipulating pedigree diagrams, version 5.0*. University of New England, Armidale, Australia, 2002.
- Kominakis A, Rogdakis E, Vasiloudis C, Liaskos O. Genetic and environmental sources of variation of milk yield of Skopelos dairy goats. *Small Rum Res* 2000; 36: 1-5.
- Lynch M, Walsh B. *Genetics and analysis of quantitative traits*. USA: Sinauer Associates, Inc, 1998.
- Manfredi E, Serradilla JM, Leroux C, Martin P, Sánchez A. Genetics for milk production. In: 7th International Conference on Goats Poitiers; 2000 May 15-18; France: 191-196
- Mavrogenis AP, Papachristoforou C, Lysandrides P, Roushias A. Environmental and genetic effects on udder characteristics and milk production in Damascus goats. *Small Rum Res* 1989; 2: 333-343.
- Meinert TR, Korver S, Van Arendonk JAM. Parameter estimation of milk yield and composition for 305 days and peak production. *J Dairy Sci* 1989; 72: 1534-1539.
- Meyer K. Estimation of genetic parameters. In W.G. Hill and T. F.M. McKay, eds., *Evolution and Animal Breeding. Reviews on Molecular and Quantitative Approaches in Honour of A. Robertson*, CAB International, 1989; 161-167.
- Miglior FS, Sewalem A, Jamrozik J, Bohmanova J, Lefebvre DM, Moore RK. Genetic analysis of milk urea nitrogen and lactose and their relationships with other production traits in Canadian Holstein Cattle. *J Dairy Sci* 2007; 90: 2468-2479.
- Montaldo HH, Manfredi E Organization of selection programs for dairy goats. In: 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 2002 August 19-23; Montpellier, France, 2002: 19-23.

- Montaldo HH, Rosales J, Juárez A. Coeficientes de repetibilidad para algunas características de producción de leche y reproducción en cabras. *Técnica Pecuaria en México* 1982; 43: 70-72.
- Muller CJC, Cloet SWP, Schoeman SJ. Estimation of genetic parameters for milk yield and milk composition of South African Saanen goats. In: 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 2002 August 19-23; Montpellier, France, 2002: 12-15.
- Norman HD, VanRaden PM, Wright JR, Clay JS. Comparison of test interval and best prediction methods for estimation of lactation yield from monthly, a.m.-p.m., and trimonthly testing. *J Dairy Sci* 1999; 82 (2): 438-444.
- Rabasco A, Serradilla JM, Padilla JA, Serrano A. Genetic and non-genetic sources of variation in yield and composition of milk in Verata goats. *Small Rum Res* 1993; 11 (2): 151-161.
- Ribeiro AC, Queiroz SA, Lui JF, Ribeiro SDA, Resende KT. Genetic and phenotypic parameters estimates and genetic trend of milk yield of Saanen goats in Southeast of Brazil. In: 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1998 January 11-16; Armidale, Australia, 1998: 234-237
- Roman RM, Wilcox CJ. Bivariate animal model estimates of genetic, phenotypic, and environmental correlations for production, reproduction, and somatic cells in Jerseys. *J Dairy Sci* 2000; 83: 829-835.
- Ruiz-Sánchez R, Blake RW, Castro-Gómez HMA, Sánchez F, Montaldo HH, Castillo-Juárez H. Changes in the association between milk yield and age at first calving in Holstein cows with herd environment level for milk yield. *J Dairy Sci* 2007; 90 (10): 4830-4834.
- Sorensen D, Andersen S, Jensen J, Wang CS, Gianola D. Inference about genetic parameters using Gibbs sampler. In: 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1994 August 7-12; Guelph, Canada, 1994: 321-328
- Thompson RBS, Brotherstone MS. Estimation of quantitative genetic parameters. *Phil Trans R Soc B* 2005; 360: 1469-1477.
- Thompson R. Estimation of quantitative genetic parameters. *Proceedings of Royal Society B* 2008; 275: 679-686.

- Valencia M, Dobler J, Montaldo HH. Genetic parameters for lactation traits in a flock of Saanen goats in Mexico. *Small Rum Res* 2007; 68: 318-322.
- Valencia M, Montaldo HH. Genetic evaluation of goats in the state of Guanajuato, Mexico. In: 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 2006 August 13-18; Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 2006.
- Van Vleck DL. Selection index and introduction to mixed model methods. Boca Raton. USA: CRC, 1993.
- Vos H, Groen F. Altering milk protein/fat-ratio: results of a selection experiment in dairy cattle. *Livestock Production Science* 1998; 53: 49-55.
- Wayne D. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ª ed. México, DF: Editorial Limusa Wiley, 2004.
- Weller JI. Quantitative trait loci analysis in animals. Wallingford. UK: CABI Publishing, 2001.
- Welper RD, Freeman AE. Genetic parameters for yield traits of Holsteins, including lactose and somatic cell score. *J Dairy Sci* 1992; 75: 1342-1348.
- Wiggans GR, Dickinson FN, King GJ, Weller JI. Genetic evaluation of dairy goat bucks for daughter milk and fat. *J Dairy Sci* 1984; 67: 201-207.
- Wiggans GR, Van Vleck LD. Extending partial lactation milk and fat records with a function of last-sample production. *J Dairy Sci* 1979; 62: 316-325.
- Zeng SS, Soryal K, Fekadu B, Bah B, Popham T. Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Rum Res* 2007; 69: 180-186.