

# **El Programa de Mejoramiento Genético de Caprinos Productores de Leche en Guanajuato**

**Mauricio Valencia Posadas<sup>a</sup> y Hugo H. Montaldo Valdenegro<sup>b</sup>**

**<sup>a</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato. ExHacienda El Copal,  
AP 311, Irapuato, Guanajuato, 36500, México. E-mail: mauvp001@yahoo.com.mx**

**<sup>b</sup>Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail:  
montaldo@servidor.unam.mx**

## **RESUMEN**

Se inició un programa de mejoramiento genético de caprinos en el año 2000 en el que actualmente participan una Asociación de productores de cabras lecheras del estado de Guanajuato (17 productores), dos académicos de dos universidades públicas y personal de algunas instancias oficiales que han financiado el programa como la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guanajuato, la Unión Ganadera Regional del Estado de Guanajuato y la Fundación Guanajuato Produce. Los objetivos del programa giran sobre el incremento del volumen de producción de leche, grasa, proteína, el mejoramiento de la conformación y la disminución del conteo de células somáticas en leche fluida. Otros estudios derivados son sobre los efectos del gen de la caseína alfa S1 y su relación con la producción de leche, componentes y células somáticas, y la estimación de parámetros genéticos utilizando información de la American Dairy Goat Association de Estados Unidos. Otros aspectos que considera el programa son sobre la organización de los caprinocultores, su asesoría y capacitación y al incremento de la productividad de sus rebaños a través del desarrollo y la transferencia de tecnología. Con este grupo se desarrolla el único programa de mejoramiento genético de cabras lecheras en México, en donde se

realizan evaluaciones genéticas para producción de leche y participan varios productores. Algunos logros obtenidos en el grupo son el establecimiento de un sistema de identificación animal, un sistema de captura de información genealógica de los animales y de registros productivos, donde se incluye la producción de leche, contenidos de leche: grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, la evaluación de la conformación, o tipo, de las cabras, la estimación de factores de corrección a edad mes de parto y 305 días de ordeña, la obtención de valores genéticos predichos para producción de leche, la disminución de la incidencia de mastitis, la producción de leche de mejor calidad en términos bacteriológicos, la reducción de los costos de producción debido a un menor número de tratamientos médicos en los animales, el incremento del precio de animales de venta como reproductores, la estimación de algunos parámetros genéticos y la contribución del mejoramiento genético de cabras de otros rebaños de la región y del país. Algunos indicadores productivos de los rebaños son: tamaño de camada promedio de 2.1 crías por parto, peso y edad al destete de 13.8 kg y 60 días respectivamente, la ganancia diaria de peso 176 g, la mortalidad en crías de 3.8%, el peso y edad al primer servicio de 33.8 kg y 7.2 meses, el peso al primer parto de 42.4 kg, la mortalidad en adultos fue de 1.9%, el porcentaje de abortos de 2.5%, intervalo entre partos de 11.8 meses, periodo seco de 64 días, los días al pico de producción de 64 y el desecho anual de 12% en promedio. La media de producción de leche a equivalente maduro y 305d fue de 1,165 kg, con un rango de 163 a 2718 kg y el promedio y la duración de lactancia fue de 252 ±54 días. Los promedios de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales sobre un total de 12,500 muestras analizadas fueron de 3.4%, 3.07%, 4.45% y 11.8%, respectivamente. Durante el periodo 2002-2003 se incrementó en un 11% en promedio el número de cabras libres de mastitis subclínica y se disminuyó la incidencia de casos de mastitis clínica de 1.1% a 0.4%. La heredabilidad y repetibilidad para producción total de

leche fueron de  $0.26 \pm 0.05$  y  $0.48 \pm 0.02$ , respectivamente. Se encontró una mayor frecuencia de los alelos intermedios para la producción de caseína en la muestra estudiada para las razas Alpina, Saanen y Toggenburg, sobresaliendo los alelos E y F. Para la producción de leche (kg), existió una diferencia de 25.15 kg en cabras que tuvieron alelo A, respecto a cabras con alelo F y para la producción de proteína, las cabras con alelo A tuvieron una producción adicional de 1.02 kg respecto a las cabras con alelo F. También se encontró un efecto favorable (negativo) del alelo A sobre el índice de células somáticas. Los avances hasta este momento son importantes y existen buenas expectativas para los productores pero se requiere hacer más eficiente el sistema de captura de genealogías, establecer conexiones genéticas a través de rebaños, difundir adecuadamente el material genético identificado como superior y desarrollar índices de selección para múltiples características.

## ANTECEDENTES

En el año 2000 se inició un programa de mejoramiento de rebaños de cabras lecheras en el estado de Guanajuato en el que participa un grupo de 17 productores que pertenecen a la Asoc. Nacional de Criadores de Ganado Caprino de Registro AC (ANCGCR). Los objetivos del programa están relacionados al incremento del volumen de producción de leche, grasa y proteína, el mejoramiento de la conformación, o tipo de los animales, y la disminución del conteo de células somáticas en leche. Otros estudios derivados de este programa han sido sobre el control de la mastitis y la relación del gen de la caseína alfa S1 con la producción de leche, sus componentes y el índice de células somáticas. Adicionalmente se tiene un vínculo de colaboración estrecho con la American Dairy Goat Association (ADGA) de Estados Unidos y a este momento los genetistas coordinadores de

este programa tienen la base de datos histórica de la ADGA con el objeto de realizar investigaciones básicas referentes a la estimación de parámetros genéticos en características de producción y conformación, así como estudios relacionados a la longevidad de los animales.

El programa de mejoramiento genético de Guanajuato ha recibido apoyo de la Fundación Guanajuato Produce A.C., de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guanajuato, de la SAGARPA, de la Unión Ganadera Regional de Guanajuato, y los productores participantes han contribuido de manera importante en los gastos generados del mismo programa.

A continuación se presentan algunos de los principales resultados obtenidos en este programa y se describen algunas metodologías utilizadas en la evaluación genética, en el control de la mastitis y en la calificación por tipo de los rebaños involucrados en el programa.

## **AVANCES**

### **1. Características de los rebaños.**

Los rebaños se encuentran ubicados en los municipios de Apaseo el Grande, Celaya y Salamanca, en el estado de Guanajuato. La zona tiene un clima templado semiseco con lluvias en verano (70% de las precipitaciones ocurren entre Mayo y Septiembre), una altura sobre el nivel del mar de alrededor de 1,780 m y una temperatura anual promedio de 19°C.

La población actual en estos rebaños es de alrededor de 4,500 animales, de los cuales alrededor de 1000 se encuentran en control de producción. La raza que predomina es la Saanen (aproximadamente 85% de los animales), seguida de Toggenburg y Alpina. Las cabras se encuentran en estabulación permanente, recibiendo como alimentos base en la

dieta alfalfa achicalada, concentrados elaborados o comerciales y suplementos de vitaminas y minerales. Alrededor del 80% de la leche producida en los rebaños se destina a la elaboración de queso y el restante para venta o para la alimentación de crías.

La recria es artificial con el 85% de los productores y se ordeña dos veces al día con sistemas automáticos. Todas las granjas se visitan por lo menos dos veces al mes para capturar información, para asesoría de los caprinocultores, toma de muestras o para realizar los pesajes de la leche. Asimismo, el grupo cuenta con el apoyo de un Médico Veterinario de tiempo completo para atender los rebaños y de un técnico que analiza las muestras de leche para determinar sus componentes. Los productores se reúnen cada mes para analizar, discutir y tomar decisiones sobre la problemática individual o de grupo que se tiene y para organizar y planear actividades. En Julio de 2003 se iniciaron las determinaciones de grasa (G), proteína (P), lactosa (L) y sólidos totales (ST) con un equipo computarizado Bentley de alta precisión, que trabaja a una velocidad de 150 muestras por hora.

Para obtener algunos indicadores productivos de los estos rebaños, se utilizaron 1,942 registros de cabras lactantes y 846 registros de crías, en parte proporcionada por la Asoc. Holstein México, y en parte la obtenida por cada productor. Asimismo se realizó una encuesta a cada caprinocultor para obtener otros indicadores. Las variables se encuentran descritas en el Cuadro 1. Los archivos no recibieron tratamiento especial en cuanto al análisis de la información y se eliminaron aquellos registros con datos erróneos o incompletos.

## **2. Indicadores productivos.**

El 100% de los caprinocultores lleva control de producción lechero, realiza pruebas microbiológicas de la leche, realiza pruebas para mastitis subclínica y realiza las

determinaciones para componentes de la leche. Alrededor del 50% de ellos cuenta con tanque enfriador. Se tiene implementado un sistema de lavado y desinfección del equipo de ordeña, de limpieza de ubre y sellado de pezones. Todos los productores tienen empadres controlados y algunos de ellos sincronizan celos para inseminar a las cabras con mayor mérito, de manea que las crías machos suelen permanecer como futuros reproductores. Las cabras se empadran por primera vez entre los 6 y 8 meses de edad con pesos de entre 30 y 35 kg. La selección de los animales se efectúa con base en los valores genéticos predichos y niveles de producción de leche, y a las características de tipo de los animales. Todos los animales son identificados al nacer con tatuaje, medallas o aretes, se lleva un registro de ellos, se desinfecta el ombligo y en el 88% de ellos se realiza el descorne. El 100% de los productores vacuna contra brucela y desparasita el ganado. En el Cuadro 1 se presentan algunos indicadores productivos y reproductivos de los trece rebaños.

Respecto al peso al nacimiento, tamaño de camada, mortalidad en crías, porcentaje de abortos, intervalo entre partos y producción de leche por lactancia, se puede observar que los promedios son superiores que otras poblaciones de cabras lecheras estabuladas en México, debido quizá a las favorables condiciones de producción, en lo referente a los sistemas de alimentación, manejo, a la sanidad de los rebaños y probablemente a un mayor potencial genético para producir leche. En relación al adecuado potencial lechero de estas cabras, esta agrupación de productores tienen una fuerte demanda de animales para pié de cría y puede verse reflejado por los altos precios de venta, en promedio, de sus animales.

### **3. Componentes de leche y control de mastitis.**

A este momento se tiene estructurado un archivo de datos completo con alrededor de 12,500 determinaciones de G, P, L y ST, ordenado por mes. En el cuadro 2 se presentan los estadísticos simples de G, P, L y ST y células somáticas.

Por otra parte, se disminuyó el porcentaje de casos de mastitis subclínica de un 42.9%, en promedio de 2002, al 32.0% en 2004. Se incrementó en un 11% en promedio el número de cabras libres de mastitis subclínica en relación al año pasado, de 56.7% a 67.8%. Se disminuyó la incidencia de casos de mastitis clínica de 1.1% a 0.4% y por consiguiente se disminuyó la incidencia de medios (pezones) afectados con un conteo de células somáticas por arriba de los 4.5 millones, de un 34.8% a un 14.9%. Asimismo todas las pruebas para la determinación de presencia de antibióticos han sido negativas. Solo las cabras que tienen un conteo mayor a 4.5 millones de células somáticas en leche reciben un tratamiento con antibióticos, desinflamatorios y analgésicos. Se logro que el 75 % de las granjas implementaran el uso de agua caliente para lavado del equipo de ordeña y que en el 94 % utilicen detergentes alcalinos. El 44% de las granjas modificaron su equipo de ordeño para poder realizar lavado del equipo por circulación. Asimismo se implemento el uso de cloro para retirar la proteína del equipo y un detergente ácido para inhibir el crecimiento bacteriano entre una ordeña y otra. Al término de la ordeña se utiliza un sellador comercial en los pezones las cabras.

### **4. Procedimientos utilizados y algunos resultados de la segunda evaluación genética para producción de leche.**

Se utilizaron 18,324 datos mensuales de 4,116 lactancias de un total de 1,316 cabras. La información de cada animal incluyó: identificación, rebaño, fecha de parto y los registros

mensuales y fechas de producción de leche del día. El sistema de control de producción lechero es el A4 del ICAR, y lo lleva la Asociación Holstein de México.

Con la información se definieron dos estaciones de parto: 1) enero-junio, 2) julio-diciembre y se generó un factor combinando hato-año-estación de parto para generar los grupos contemporáneos (HAE). Se obtuvieron 93 combinaciones HAE, y este resultó significativo ( $P < 0.001$ ).

Los registros mensuales de 280 a 363 días en lactancia, fueron analizados con un modelo de efectos fijos que incluyó hato-año-estación, lo que permitió corregir los datos para este efecto. Para estandarizar las duraciones de lactancia y efectuar la evaluación genética, se consideró un máximo de nueve registros de producción, quedando un rango de 60 a 363 días en producción.

La proporción de lactancias con 232 días en producción fue de 75%. De este modo, el impacto de la proyección de lactancias incompletas en la precisión del cálculo del valor genético fue pequeño.

Con los datos corregidos, se obtuvieron curvas de lactancia con modelos de regresión polinomial de tercer grado. Estos análisis se realizaron separadamente para cabras de primer, segundo, tercer y cuarto o más partos. Los datos faltantes no se incluyeron en los análisis.

A partir de las ecuaciones de las curvas (Figura 1), se obtuvieron las producciones predichas acumuladas del día 1 hasta el día 380 para cada grupo de edad. Posteriormente, para cada día (d), se obtuvo el factor de proyección a 305 días ( $FP_{305_d}$ ), el que fue calculado como:

$$FP_{305_d} = \frac{\text{Producción predicha acumulada al día 305}}{\text{Producción predicha acumulada al día d}}$$



Los factores fueron modelados de acuerdo al día, con un modelo polinomial logarítmico, que incluyó los efectos de días, días<sup>2</sup>, días<sup>3</sup>, ln(días), (ln(días))<sup>2</sup>, (ln(días))<sup>3</sup>, con el fin de predecir los factores. Las producciones a 305 días se calcularon como:

$$P305 = \text{Producción acumulada al día } d * FP305_d$$

Para estandarizar las duraciones de lactancia a 305 días (P305), se consideró un máximo de nueve mediciones mensuales de producción, con un rango de 60 a 363 días en producción. Las P305 se analizaron con un modelo estadístico que incluyó los efectos fijos de hato-año y número de parto-estación. A partir de las medias de mínimos cuadrados se obtuvieron los factores de ajuste para equivalente maduro FM y se muestran en el Cuadro 3.

Las P305 se ajustaron a equivalente maduro (P305M) con la ecuación:

$$P305M = P305 * FM$$

Para la evaluación genética se utilizó la metodología del Mejor Predictor Lineal Insesgado (BLUP de sus siglas en inglés) con un Modelo Animal univariado, con registros repetidos a través de razas, que incluyó el efecto fijo de rebaño-año-estación de parto, y los efectos de animal y ambiente permanente como aleatorios.

Con los mismos registros, se estimó la heredabilidad y repetibilidad para producción total de leche, antes de obtener los VGP's :

$$h^2 = 0.26 \pm 0.05 \text{ y } r = 0.48 \pm 0.02$$

Las varianzas de animal ambiente permanente y error fueron de 16,541, 13,534.6 y 32,628.4, respectivamente.

La media de producción de leche a 305d fue de 1,165 kg, con un rango de 163 a 2718 kg y el promedio y desviación estándar de la duración de lactancia fue de 252 ±54 días.

Las evaluaciones genéticas son presentadas como habilidades de transmisión predichas (HTP), expresadas en kilogramos. La HTP es una predicción de la mitad de valor genético

del animal y es el valor genético que se espera que un animal transmita en promedio a su descendencia, es decir la cantidad de kg de leche que se espera observar en sus hijas, respecto a la descendencia de cualquier otro animal de la población evaluada. Por ejemplo, un macho con una HTP de 20 kg, se espera que tenga hijas que produzcan 10 kg más a 305 días que un macho con una HTP de 10 kg y 25 kg más que un macho con una HTP de -5 kg.

Se estimó la confiabilidad (CONF) para de las HTP, la cual representa el grado de precisión alcanzado en la evaluación, y depende de la información disponible, que en caso de los sementales consiste principalmente, del número de hijas y de su comportamiento, mientras que para el caso de las cabras en su propia información. La CONF tiene un rango de 0 a 1 y entre más próxima a 1, será mejor. Para los sementales, un mayor número de hijas distribuidas preferentemente en varios hatos, permitirá incrementar la confiabilidad de su evaluación. Para las cabras, al depender en mayor medida en forma casi exclusiva de la información de sus propias lactancias, la confiabilidad generalmente será mas baja.

El promedio de HTP de todos los animales de este estudio, machos y hembras fue de 6.4 kg y CONF de 32%. Para los machos (N=141), la HTP fue de 9.3 (de -89 a 154 kg) y CONF=27% (Cuadro 4).

En el archivo de pedigrí, 1427 animales no tuvieron información de padre y solo 41 sementales tuvieron más de 10 hijas. Las bajas confiabilidades se deben, en parte, al elevado número de animales sin genealogías y a que los sementales, en la mayoría de los casos, solamente se usaron en un rebaño, lo que impide la conexión genética.

Eliminando los animales sin padre conocido (diferencia de 1279 animales), la CONF fue de 37%. Para los 41 machos con más de 10 hijas, la CONF muy probablemente sea de alrededor de 50%.

Todos los resultados fueron publicados en un boletín, el cual incluyó la descripción de estas metodologías y los listados de los sementales y cabras con mejor potencial genético para producir leche de estos rebaños.

## **5. Procedimientos utilizados y algunos resultados de la primera calificación de tipo de las cabras de este programa.**

La principal razón de obtener y utilizar información de conformación, o tipo, en los programas de mejoramiento genético, es para identificar cabras capaces de permanecer durante mucho tiempo en el rebaño productivo, de manera que se pueda disminuir el desecho temprano por causas distintas a la producción. En los caprinos lecheros, las características de conformación, o tipo, son incluidas en los programas de mejoramiento genético con el propósito de mejorar la eficiencia económica de los rebaños y para mejorar la longevidad y el valor en el mercado de los reproductores.

Para la evaluación de las características de conformación en las cabras de este proyecto, se utilizó el sistema de calificación de la American Dairy Goat Association de Estados Unidos, donde las cabras son clasificadas de tres formas:

- 1) La Apreciación Lineal, que incluye trece características primarias y una secundaria, las cuales evalúan la conformación funcional de los animales. En esta se incluyen la estatura, fortaleza, carácter lechero, ángulo de cadera, anchura de cadera, patas traseras vistas de lado, ligamento delantero de ubre, altura de ubre posterior, arco de ubre posterior, ligamento medio suspensorio, profundidad de ubre, colocación de pezones vistos de atrás y diámetro de pezones. La característica secundaria es ubre trasera vista de lado. Estas características son las que se utilizan para realizar la evaluación genética de los animales, es decir para obtener la habilidad de producción predicha (HTP).

- 2) A estas características lineales se agregan ocho áreas estructurales y funcionales, las cuales consideran: cabeza, hombros, piernas delanteras, piernas traseras, patas, lomo, cadera y textura de ubre. Sobre este segundo grupo de características, el clasificador obtiene una calificación de cada animal, de acuerdo al puntaje obtenido, con base en las siguientes categorías: Excelente, Muy Bueno, Más Bueno, Aceptable, Regular y Pobre.
- 3) La última parte de la clasificación considera cuatro categorías mayores en las cabras: Apariencia General, Carácter Lechero, Capacidad Corporal y Sistema Mamario, y una característica adicional conocida como Puntos Finales. Cada categoría contribuye a la clasificación del animal en 35%, 20%, 10% y 35%, respectivamente. Para machos son incluidas solo tres Categorías Mayores (exceptuando sistema mamario) y Puntos Finales.

La información obtenida de las ocho áreas estructurales y las cuatro categorías mayores (incisos 2 y 3) son utilizadas por los productores con fines de mercadotecnia y publicidad, por ejemplo para promocionar animales y granjas sobresalientes en revistas, ferias y exposiciones ganaderas.

Las características mencionadas en los tres incisos, fueron evaluadas durante una misma sesión por dos jueces de la American Dairy Goat Association de Estados Unidos, la Sra *Sheila Nixon* y el Sr *Eric Jermain*. La clasificación de los animales se hizo durante la última semana de noviembre y la primera de diciembre de 2004. Se calificaron cabras de todos los rebaños haciendo un total de 1,570 cabras, de las cuales 1,085 fueron cabras de al menos un parto, y 485 cabras menores de un año. En el mismo total se incluye la evaluación de los machos jóvenes y sementales activos. Las características que fueron

evaluadas se presentan en el Cuadro 5. En el Cuadro 6 se señala el sistema de puntuación utilizado cuando se clasificaron los animales.

Se llevó a cabo un proceso de depuración y edición de los archivos, se eliminaron las calificaciones que salieron del rango de lo normal (más de tres desviaciones estándar) y se generó un archivo maestro para cabras lactantes (N=1,085) y otro para animales jóvenes menores de un año (N=485). Se realizó un análisis de varianza para puntos finales, con el objeto de probar si existían diferencias entre rebaños y calificadores. Se elaboraron listados de los mejores animales tanto de machos como de hembras. Para las cabras lactantes se hizo con base a Puntos Finales y para las cabras menores a un año de edad con base a su clasificación global (letra). En los Cuadros 7 y 8 se presentan los estadísticos simples de las características evaluadas en cabras lactantes y adultas, respectivamente.

Los rebaños tuvieron valores diferentes desde el punto de vista estadístico lo que indica que existieron diferencias en puntos finales entre rebaños debidas probablemente a diferencias en la estructura genética y a los sistemas de alimentación, manejo e instalaciones de los rebaños. No se encontraron diferencias entre calificadores, sugiriendo que las calificaciones hechas por los jueces fueron similares en promedio.

En el Cuadro 9 se presentan, los promedios de puntos obtenidos en 2003 para cabras de raza Saanen de Estados Unidos, y los promedios de las cabras calificadas de este proyecto. Se tomaron de referencia a las cabras Saanen de Estados Unidos, porque alrededor del 80% de cabras calificadas aquí, fueron de raza Saanen. La intención no es comparar las poblaciones, dado que cada una tiene características particulares y se encuentran en condiciones de producción diferentes, sino para valorar las diferencias de los promedios de las calificaciones, respecto del rango de puntos de calificación que se considera en la escala de la cabra 'ideal'.

## **6. Alelos del gen de la caseína y su relación con producción y componentes de leche.**

En este estudio se evaluó la influencia del polimorfismo de la caseína alfa S1 sobre el rendimiento de la leche, sus componentes (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales) y el índice de células somáticas, en 415 lactancias de 239 cabras provenientes de tres rebaños participantes en este mismo programa.

Los contenidos de leche se determinaron mensualmente con un equipo computarizado Bentley 150 de alta precisión, la producción de leche fue obtenida del sistema de control de producción de la Asociación Holstein México y el índice de células somáticas se determinó en el laboratorio a partir del muestreo mensual y de la realización de la prueba Wisconsin modificada.

Las producciones de leche y sus contenidos, acumulados al tercer muestreo, se estimaron con el método de Fleischman, y para los porcentajes y el índice de células somáticas se obtuvo el promedio de los tres muestreos ponderado por el número de días entre muestreos. Para la tipificación de las variantes del gen de la caseína, se recolectaron entre 3 y 5 ml de sangre periférica de las cabras, en tubos vacutainer que contenían EDTA potásico como anticoagulante, empleando las técnicas de PCR y PCR-RFLP. Se creó un archivo maestro que incluyó todas las variables estudiadas.

Se estimaron los efectos fenotípicos del gen de la caseína alfa S1 utilizando un modelo lineal mixto que incluyó los efectos fijos de rebaño, raza, número de lactancia, año, época, los efectos de los alelos A, B, D y E, respecto al alelo F, y la covariable días a la tercera medición en forma lineal y cuadrática, y como efectos aleatorios el animal y el error. En el Cuadro 10 se presentan los estadísticos simples para la producción de leche, sus

componentes y el índice de células somáticas. Las frecuencias de alelos del gen de la caseína alfa S1 se muestran en el Cuadro 11 y los efectos del gen de la caseína alfa S1 sobre características de producción, expresados como coeficientes de regresión  $\pm$  error estándar de las variantes alélicas, respecto al alelo F, se presentan en el Cuadro 12.

Se encontró una mayor frecuencia de los alelos intermedios para la producción de caseína en la muestra estudiada para las tres razas, sobresaliendo los alelos E y F, similar a otras poblaciones de cabras lecheras de origen alpino de Europa. Estos resultados confirman el efecto favorable de los alelos fuertes del locus el gen de la caseína alfa S1 sobre el porcentaje y cantidad de proteína, así como en la cantidad de grasa por lactancia, específicamente el de la variante A.

Por ejemplo, para la producción de leche (kg), existió una diferencia de 25.15 kg en cabras que tuvieron alelo A, respecto a cabras con alelo F y para la producción de proteína, las cabras con alelo A tuvieron una producción adicional de 1.02 kg respecto a las cabras con alelo F. Para esta interpretación se tomó de referencia a las cabras con alelo fuerte A porque produjeron significativamente más leche y proteína que las cabras con otros alelos. También se encontró un efecto favorable (negativo) del alelo A sobre el índice de células somáticas. Este último comentario deberá ser confirmado en estudios subsecuentes.

Las mayores frecuencias encontradas para los alelos débiles, comparados a los fuertes en las tres razas estudiadas, permiten suponer que existe en principio una oportunidad de lograr beneficios derivados de la implementación de programas de selección asistida por marcadores con el locus del gen de la caseína, para mejorar genéticamente la eficiencia económica de esta población.

## **7. Parámetros genéticos en características de producción utilizando registros de la American Dairy Goat Association de Estados Unidos. Resultados preliminares.**

Como parte del convenio de colaboración entre la Asoc. Nacional de Criadores de Ganado Caprino de Registro A.C. y la American Dairy Goat Association (ADGA) de Estados Unidos, se estimaron heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas para la producción de leche (PL), producción de grasa (PP), producción de proteína (PP), porcentaje de grasa (%G) y porcentaje de proteína (PP), utilizando 13,440 registros de primeras lactancias de la raza Alpina, procedentes de la ADGA.

Se utilizaron rebaños con al menos 100 cabras para el análisis y sementales con al menos 10 hijas. Los componentes de (co)varianza se estimaron con un modelo semental multivariado, con el programa ASREML. El modelo incluyó como efecto fijos hatos-año, y como aleatorio el semental. Se excluyó la información de PP debido a que se detectaron algunos errores en el archivo de datos y los parámetros estimados se encontraron fuera de los valores obtenidos en otras poblaciones de cabras lecheras del mundo. Los parámetros se presentan en el Cuadro 13.

## **8. Conclusiones**

Los resultados obtenidos en este programa hasta este momento son importantes pero falta mucho por hacer. Si bien los productores han incrementado sus ingresos económicos, al dar un valor agregado al precio de venta de sus animales como producto del efectuar evaluaciones genéticas, al tener a sus animales libres de brucelosis, al incrementar el volumen de leche por controlar la mastitis subclínica, al disminuir los costos por tratamientos de mastitis en las cabras, entre otros, en el futuro se requiere mejorar el control genealógico, continuar con la capacitación de los productores, hacer más eficientes los



sistemas de captura y creación de bases de datos y establecer evaluaciones para otras características.

A través del llevado del libro genealógico y el control de producción en los rebaños, es posible identificar fortalezas y debilidades, se ilustra el estado del rebaño en cuanto a producción, reproducción, salud de la ubre etc., es posible evaluar aspectos económicos, se conocen los rendimientos individuales de los animales, se fundamenta la toma de decisiones y además es posible realizar un programa de selección con el objeto de incrementar por ejemplo los rendimientos en la producción de leche por lactancia y de sus componentes.

La organización de los productores y la vinculación estrecha que existe con las instituciones de educación superior (UNAM y Universidad de Guanajuato), la SAGARPA, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guanajuato, la Fundación Guanajuato Produce, La Unión Ganadera Regional de Guanajuato, el Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, la American Dairy Goat Association de Estados Unidos, entre otras, han beneficiado de manera importante al grupo de caprinocultores, los cuales han contribuido, muy probablemente, en el mejoramiento de otras agrupaciones de productores caprinos a través por ejemplo de la transferencia de tecnología y la venta de reproductores.

Las evaluaciones genéticas permiten identificar animales superiores que al ser utilizados como reproductores mejorarán en forma sostenida el potencial genético de la población para producir leche.

Las CONF fueron relativamente bajas en un número importante de animales, por lo que es necesario mejorar el proceso de identificación del padre y la madre de cada animal y su captura correcta.

Es importante asimismo promover activamente el uso de sementales en varios rebaños, de modo que se creen las conexiones genéticas necesarias para incrementar la CONF de toda la evaluación y mejorar la precisión de las comparaciones genéticas entre animales de distintos rebaños. Esto se puede lograr a través de la rotación de sementales entre rebaños, y por medio de la inseminación artificial.

Los informes de las evaluaciones en forma de boletines pueden ser utilizados por los productores para tomar decisiones sobre los animales que permanecerán como reproductores en el rebaño. Asimismo estos reportes permitieron identificar a los machos con mayor potencial genético para producir leche. Es necesario establecer las políticas para difundir el material genético de estos sementales, y se pueda contribuir en el mejoramiento genético de otras poblaciones de cabras a través del uso de la inseminación artificial.

Estas evaluaciones permiten identificar cabras con alto potencial genético (mayores HTP), las que pueden ser inseminadas con los mejores machos disponibles mediante inseminación artificial. El objetivo es producir sementales mejoradores jóvenes que puedan entrar al Centro de Inseminación para que sean evaluados por su progenie. Esto requiere, de modo similar a lo mencionado anteriormente para las conexiones genéticas, de un uso organizado del semen para garantizar que se obtengan evaluaciones genéticas confiables en el menor tiempo posible.

El Sistema de Apreciación Lineal que se utilizó para la calificación de las cabras, es una guía y tiene que ser usada con reserva ya que resulta casi imposible delimitar las puntuaciones ideales de una cabra lechera, sin descuidar los rendimientos de las características de producción. Las características de tipo muestran heredabilidades intermedias, de entre 0.3 y 0.5 (Wiggans et al., 2000), por lo que pueden ser mejoradas por medio de la selección.

Con base en las calificaciones obtenidas, los propietarios de las cabras podrán ubicar fortalezas y debilidades en determinados aspectos de la conformación de sus animales. En caso de pretender mejorar algunas características de tipo, se recomienda el uso de sementales probados con evaluaciones genéticas positivas, así como eliminar los reproductores con partes o regiones indeseables. Es conveniente continuar evaluando para tipo, de manera rutinaria, a las cabras del proyecto.

Se espera en un futuro contar con HTP tanto para leche, grasa, proteína como para conformación para las cabras de este proyecto.

Actualmente participan en este programa dos estudiantes de Maestría y uno de Licenciatura para realizar su tesis, y recientemente otro estudiante terminó su tesis de Maestría con información derivada de este programa.

**Cuadro 1. Algunos indicadores productivos y reproductivos de trece rebaños de cabras en Guanajuato.**

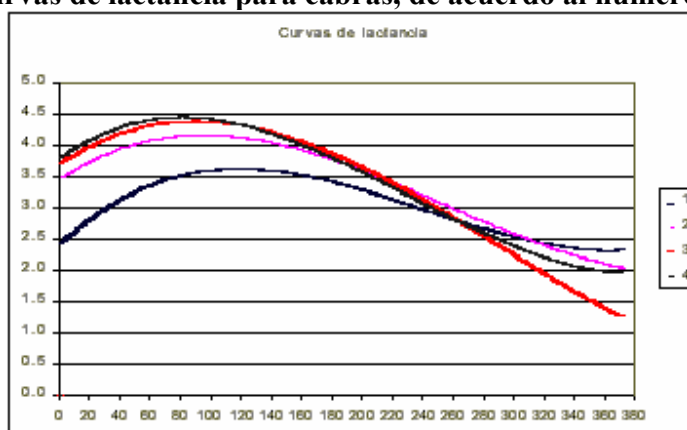
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>VALOR</b>
Peso al nacimiento (kg)	3.2
Porcentaje de partos dobles	74.5
Tamaño de camada	2.1
Porcentaje de nacidos vivos	93.8
Peso al destete (kg)	13.8
Edad al destete (días)	60
Ganancia diaria de peso (g)	176
Porcentaje de mortalidad en crías	3.8
Peso al primer servicio (kg)	33.8
Edad al primer servicio (meses)	7.2
Peso al primer parto (kg)	42.4
Porcentaje de mortalidad en adultos	1.9
Porcentaje de abortos	2.5
Intervalo entre partos (meses)	11.8
Periodo seco (sin producción) (días)	63
Días a pico de producción	64
Producción de leche por lactancia* (kg)	1,165
Porcentaje de desecho anual	12
Costo de producción aproximado por litro de leche (pesos)	2.20
Precio promedio de venta por litro de leche (pesos)	3.30
Precio promedio sementales pie de cría (pesos)	3,500
Precio promedio hembras pie de cría (pesos)	2,500
Precio promedio hembras de desecho (pesos)	600
Precio promedio cabritos para rastro (pesos)	200

\*Corregida a edad, mes de parto y 305 días de ordeña.

**Cuadro 2. Estadísticos simples de componentes de leche y células somáticas en las cabras de este proyecto.**

Variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Conteo de células somáticas (miles)	630	165	340	868
Porcentaje de grasa	3.4	0.22	1.90	4.9
Porcentaje de proteína	3.07	0.69	1.4	4.5
Porcentaje de lactosa	4.45	0.13	2.1	5.6
Porcentaje de sólidos totales	11.8	0.35	9.6	14.1

**Figura 1. Curvas de lactancia para cabras, de acuerdo al número de parto.**



**Cuadro 3. Factores de corrección estimados para número de parto-estación de parto en las cabras de este proyecto.**

<b>No. Parto-Estación</b>	<b>Medias de Mínimos Cuadrados</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Factor de ajuste a equivalente maduro (FM)</b>
Parto 1 – Ene Jun	914. 7	11.4	1.2924
Parto 1 – Jul Dic	965. 6	15.1	1.2243
Parto 2 - EneJun	1152.1	12.8	1.0260
Parto 2 – Jul Dic	1122.8	15.5	1.0528
Parto 3 – Ene Jun	1182.1	13.8	1.0000
Parto 3 – Jul Dic	1105.0	16.3	1.0698
Parto 4 – Ene Jun	1152.8	12.2	1.0255
Parto 4 – Jul Dic	1086.2	14.9	1.0884

**Cuadro 4. Habilidad de transmisión predicha (HTP), confiabilidad (CONF) y producción de leche promedio (PL), en rebaños de Guanajuato, utilizando 4,116 lactancias.**

Rebaño	N	HTP (kg)	CONF	PL (kg) □ DE
1101	267	15.4	0.39	1424 264
1102	169	-1.59	0.30	1160 240
1103	88	8.4	0.38	1189 233
1104	168	5.0	0.34	1355 287
1105	228	2.1	0.28	1066 220
1106	367	9.3	0.39	1370 236
1107	516	3.2	0.18	967 308
1110	208	1.4	0.25	1117 270
1111	398	10.2	0.38	995 276
1112	69	10.9	0.34	1104 254
Sementales	141	9.3	0.27	----

\* N = número de animales incluidos en la evaluación; DE = desviación estándar

(kg).

\* Se incluyen los sementales de todas las granjas.

**Cuadro 5. Características lineales que fueron calificadas.**

Estatura
Fortaleza
Carácter lechero
Ángulo de cadera
Anchura de cadera
Patas traseras vistas de lado
Ligamento delantero de ubre
Altura de la ubre posterior
Arco de ubre trasera
Ligamento medio suspensorio
Profundidad de ubre
Colocación de pezones vistas de lado
Diámetro de pezones
Ubre trasera vista de lado
Puntos finales

### Cuadro 6. Sistema de puntuación utilizado.

Excelente	(E) = 90 puntos o más
Muy bueno	(V) = 85 a 90 puntos
Más bueno	(+) = 80 a 84 puntos
Aceptable	(A) = 70 a 79 puntos
Regular	(R) = 60 a 69 puntos
Pobre	(P) = 59 o menos puntos

### Cuadro 7. Estadísticos simples para las características lineales evaluadas en cabras lactantes (N=1,085).

Nombre de la variable	Desviación			
	Promedio	estándar	Mínimo	Máximo
Estatura	22.4	6.3	3	40
Fortaleza	27.5	3.4	18	48
Carácter lechero	33.8	3.1	13	45
Ángulo de cadera	28.7	5.2	5	46
Anchura de cadera	27.2	3.9	5	40
Patas traseras vistas de lado	27.5	3.7	12	50
Ligamento delantero de ubre	27.2	6.5	7	45
Altura de la ubre posterior	35.2	6.2	10	48
Arco de ubre trasera	19.9	4.4	4	38
Ligamento medio suspensorio	26.5	5.2	5	50
Profundidad de ubre	31.0	8.2	2	48
Colocación de pezones vistas de lado	15.2	6.9	2	45
Diámetro de pezones	17.5	7.1	2	50
Ubre trasera vista de lado	22.4	3.8	2	45
Puntos finales	81.5	5.0	62	92



**Cuadro 8. Estadísticos simples para las características lineales evaluadas en cabritas menores de un año (N=485).**

Nombre de la variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Estatura	26.5	2.3	5	32.5
Fortaleza	27.7	2.7	18	35
Carácter lechero	33.7	3.1	20	42
Ángulo de cadera	29.2	4.9	5	42
Anchura de cadera	6.2	0.6	4.5	8
Patas traseras vistas de lado	29.0	3.6	15	40
Altura de la región donde se coloca la ubre	1.8	0.6	0.5	3.5
Arco donde se coloca la ubre	18.4	2.6	11	28
Evaluación global	82.4	5.5	59	95

**Cuadro 9. Promedios de puntos obtenidos en características de tipo en cabras de México<sup>a</sup> (N=1,085) y Estados Unidos<sup>b</sup> (N=439).**

Nombre de la variable	CABRAS DE MÉXICO		CABRAS DE USA		Rango de la cabra "ideal"
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Estatura	22.4	6.3	32.8	10.7	Al menos 25 pts. <sup>c</sup>
Fortaleza	27.5	3.4	29.5	4.9	27-30
Carácter lechero	33.8	3.1	33.3	3.6	33-38
Ángulo de cadera	28.7	5.2	22.9	8.0	30-35
Anchura de cadera	27.2	3.9	29.0	3.6	30-35
Patas traseras vistas de lado	27.5	3.7	33.4	6.3	25 a 30
Ligamento delantero de ubre	27.2	6.5	30.1	5.1	35 a 42
Altura de la ubre posterior	35.2	6.2	34.9	4.0	40 a 45
Arco de ubre trasera	19.9	4.4	33.3	7.0	32 a 40
Ligamento medio suspensorio	26.5	5.2	24.9	4.8	28 a 32
Profundidad de ubre	31.0	8.2	33.0	6.8	22 a 27
Colocación de pezones vistos de lado	15.2	6.9	26.6	4.8	25 a 30
Diámetro de pezones	17.5	7.1	20.9	6.3	18 a 28
Ubre trasera vista de lado	22.4	3.8	--	--	22 a 28
Puntos finales	81.5	5.0	86.3	3.3	Al menos 80 pts.

<sup>a</sup> Cabras que tuvieron al menos un parto.

<sup>b</sup> Registros ajustados a edad. Cortesía del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (AIPL).

<sup>c</sup> La estatura de la cabra ideal es de intermedia a alta. Cabras de 30 pulgadas a la cruz son consideradas intermedias y se les asignan 25 puntos, mientras que cabras de al menos 34 pulgadas son consideradas extremadamente altas y se les asignan 45 puntos o más. Por ejemplo, de acuerdo a los promedios obtenidos en ambas poblaciones y al rango de puntos ideales para estatura, las cabras de Estados Unidos se pueden clasificar entre intermedias y ligeramente altas, mientras que las de México pequeñas.

**Cuadro 10. Estadísticos simples para la producción de leche al tercer muestreo, sus componentes al tercer muestreo, e índice de células somáticas (N=415).**

Variable	Media	D.E.	C.V
Leche (kg)	369.8	113.5	30.7
Grasa (%)	3.25	0.48	14.8
Grasa (kg)	11.84	3.52	29.7
Proteína (%)	2.74	0.23	8.27
Proteína (kg)	10.05	3.0	29.8
Lactosa (%)	4.56	0.19	4.15
Sólidos totales (%)	11.6	0.77	6.6
Índice de células somáticas (miles/ml)	36,915.1	232.8	0.63

D.E.= desviación estándar; C.V.= coeficiente de variación

**Cuadro 11. Frecuencia de los alelos del gen de la caseína alfa S1 por raza.**

Alelo	RAZA		
	Alpina	Saanen	Toogen
<b>A*</b>	0.150	0.014	0.095
<b>B</b>	0.158	0.105	0.216
<b>D**</b>	0.175	0.043	0.169
<b>E</b>	0.308	0.629	0.182
<b>F</b>	0.208	0.210	0.338
<b>Número de observaciones</b>	60	105	74

\* Incluye A y O<sub>1</sub>; \*\* incluye el resto de los alelos.

**Cuadro 12. Efectos del gen de la caseína alfa S1 sobre características de producción, expresados como coeficientes de regresión ± error estándar de las variantes alélicas, respecto al alelo F.**

	ALE LOS			
	A	B	D	E
Leche (kg)	25.15±14.2	11.79±10.9	15.99±10.0	1.18±8.4
Grasa (%)	0.068±0.07	0.003±0.05	-0.007±0.05	-0.027±0.04
Grasa (kg)	0.983±0.46	0.379±0.35	0.369±0.32	-0.023±0.27
Proteína (%)	0.097±0.03	0.092±0.03	0.031±0.02	0.033±0.02
Proteína (kg)	1.020±0.38	0.618±0.29	0.516±0.27	0.165±0.22
Lactosa (%)	-0.055±0.03	-0.012±0.02	0.023±0.02	-0.05±0.02
Sólidos totales (%)	0.106±0.12	0.095±0.09	0.05±0.08	-0.058±0.07
Índice de células somáticas (miles/ml)	-325±157	-1.6±120	-116±107	93.4±92.8

**Cuadro 13. Heredabilidades (diagonal principal) y correlaciones genéticas (sobre la diagonal) y fenotípicas (abajo de la diagonal) en características de producción en cabras Alpinas de Estados Unidos.**

<b>Característica</b>	<b>PL</b>	<b>PG</b>	<b>%G</b>
Producción de leche	<b>0.29±0.03</b>	0.81±0.03	-0.21±0.09
Producción de grasa (PG)	0.78±0.01	<b>0.29±0.03</b>	0.40±0.08
Porcentaje de grasa (%G)	-0.25±0.01	0.38±0.01	<b>0.27±0.04</b>