

# Mejoramiento Genético de Camélidos

Angelika Stemmer <sup>1</sup> y Anne Valle Zárate <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias,  
Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia

<sup>2</sup> Instituto de Producción Animal en los Trópicos y Subtrópicos,  
Universidad Hohenheim, Alemania

## Sumario:

**Introducción.**

**Antecedentes del mejoramiento genético.**

**Genética.**

**Razas o variedades.**

**Caracteres cualitativos.**

**Planificación del mejoramiento genético.**

**Mejoramiento de aspectos no genéticos.**

**Conclusiones.**

**Referencias citadas.**

## 1. Introducción

Las llamas y alpacas fueron domesticadas hace más que 7000 años en la región que hoy comprende los países de Bolivia y Perú (Hiendleder y Kessler, 1997). La crianza de estos animales fue el elemento básico que permitió el desarrollo de la civilización andina prehispánica (Novoa, 1981). Los primeros animales domesticados no tuvieron el aspecto físico actual, pues las llamas y alpacas, tal como las conocemos hoy, son el producto de miles de años de selección (Wheeler, 1991).

Durante el Incanato (1470-1532) caravanas de llamas solían acompañar a los ejércitos reales, extendiendo de esta manera la distribución de esta especie a lo largo de los Andes, desde el sur de Colombia a la zona central de Chile. La alpaca ha sido seleccionada como productora de fibra durante un período de por lo menos tres mil años. Durante este proceso hubo un incremento en la longitud de la fibra y modificación en su forma, dando origen a los fenotipos Huacaya y Suri. Es probable, dado el extremo control ejercido sobre la reproducción durante el Incanato, que estos tipos sean la herencia de razas antiguas que han perdido su integridad a consecuencia de la conquista española. Con la

llegada del dominio español y la introducción de ganado foráneo en 1532, los rebaños de camélidos fueron rápidamente diezmados y desplazados de la costa y los valles interandinos a las punas de gran altura, donde los animales europeos no prosperaban (Wheeler, 1991).

## 2. Antecedentes del mejoramiento genético

El objetivo del mejoramiento genético es la utilización de la variabilidad genética existente para aumentar la productividad de los animales. Se trata de cambiar genéticamente la población en una dirección deseada, determinada por las condiciones económicas y sociales de la producción.

La eficiencia de la producción debe ser un objetivo principal del mejoramiento; en términos económicos esto significa que cada aumento en la producción debe estar relacionado con los costos necesarios para lograr este aumento. Se logra una mejora solamente cuando el valor del aumento de la producción excede los costos. En el pasado, el objetivo del mejoramiento ha sido simplemente generar animales de rendimientos altos. A veces, animales de rendimiento alto son eficientes en términos económicos,

pero esto no siempre es el caso. Cuando existen deficiencias en alimentos, forrajes u otros recursos y cuando el clima causa condiciones difíciles para los animales, los costos necesarios para lograr una producción alta pueden ser demasiado altos en relación a los retornos.

Aparte de la eficiencia de la producción se pueden integrar otros caracteres de selección en el objetivo del mejoramiento, en función de las metas y valores de quienes crían los animales, como sus particularidades visuales del fenotipo y otros.

Hasta ahora, la llama no ha sido sujeta a una mejora genética formal, aunque estos animales son indispensables en el uso eficiente y sostenible de los ecosistemas frágiles y pobres en recursos naturales, que son característicos de las alturas donde se crían las llamas.

### 3. Genética

El genoma de la llama y la alpaca (igual que de los camélidos silvestres) consiste de 74 cromosomas ( $2n=37$ ), 36 pares de autosomas y un par de cromosomas sexuales. Los autosomas se pueden agrupar en dos grupos: pares 1 a 20 acrocéntrico - subterminal y pares 21 a 36 metacéntrico - submetacéntrico. Los camélidos domésticos y los silvestres pueden cruzarse entre ellos y producir crías fértiles.

### 4. Razas o variedades

Siguiendo la definición estricta del término “raza” como un conjunto de animales que tienen características que los distinguen como un grupo reproductivo y que al cruzarse entre sí producen en la totalidad de sus crías estas mismas características, no existen razas definidas en los camélidos. Sin embargo, se pueden distinguir diferentes tipos.

Existen dos variedades fenotípicas de llamas, las Qh’aras (peladas) y las Th’ampullas (lanudas). La primera se caracteriza por poco desarrollo de fibra en el cuerpo y ausencia de

fibra en la cara y piernas. La Th’ampullas tiene mayor cantidad de fibra en el cuerpo que se extiende hasta la cabeza. Ambas variedades pueden ser utilizadas para la producción de carne y como animales de carga, mientras que la Th’ampullas tiene más aptitud para la producción de fibra que la Qh’ara. Dependiendo de la región de Bolivia, las diferencias entre estas variedades fenotípicas varían, también se definen tipos intermedios.

También en alpacas existen dos variedades: Suri y Huacaya. La diferencia fundamental está en la longitud y finura de la fibra. La alpaca Suri presenta fibras de gran longitud que se organizan en rizos y caen a los lados del cuerpo; la fibra es brillante y suave. La alpaca Huacaya presenta un vellón de apariencia esponjosa, con fibras más cortas y rizadas; las mechas se mantienen perpendiculares al cuerpo, observándose entrelazamiento entre las fibras. La fibra acepta más fácilmente el teñido. Una desventaja para la crianza es que en la variedad Suri se han presentado casos de animales muy delicados (Cardozo, 1954).

El *huarizo* es el resultado del cruce entre llama macho y alpaca hembra, mientras que el cruce entre alpaca macho y llama hembra se denomina *misti*. Son animales intermedios en tamaño y fenotipo entre llamas y alpacas.

### 5. Caracteres cualitativos

#### Color

Las fibras de colores naturales son apreciadas por los criadores de camélidos, artesanos y también la industria textil. La gama de los colores naturales encontrados en llamas y alpacas es muy amplia y no existe una clasificación única.

Todavía existen muy pocas investigaciones sobre la herencia del color del pelaje en los camélidos domésticos y el modo de herencia tampoco está claro. El primer trabajo en Bolivia fue realizado por Gandarillas (1971). En un censo de 1668 llamas y 1691 alpacas en diferentes

regiones del país, el autor encontró la siguiente distribución de colores en llamas: 26% cafés, 21% negros, 5% blancos, 27% manchados de café, 20% manchados de negro y 2% grises. En alpacas, la distribución fue 30% cafés, 21% negros, 13% blancos, 16% manchados de café 15% manchados de negro y 4% de grises. Aunque el autor no lo menciona expresamente, se supone que el 1% faltante tanto en llamas como en alpacas para llegar a la suma de 100%, contempla a animales de color rosillo, los cuales según el autor se encontraron en cantidad insignificante.

El mismo autor realizó cruzamientos dirigidos en 22 pares de alpacas y 40 pares de llamas, además registró el color de 329 crías llamas y sus respectivas madres. Se concluyó que la herencia del color es similar en llamas y alpacas con los colores básicos de café y negro, siendo el factor para café *V* completamente dominante sobre el negro *v*. Para que el color se manifieste es necesaria la presencia del gen *C*. Los animales con el gen recesivo *c* son blancos. El color entero se debe al gen *S* y el manchado a su alelo recesivo *s*. El tamaño de la mancha depende del gen modificador del anterior *Lw*, que tiene dominancia incompleta.

De la interacción de los cuatro genes anteriores resultan los colores enteros café y negro, que tienen los genes dominantes *C* y *S*, los blancos el recesivo *c* y los manchados el dominante *C* junto a *V* o *v* y el recesivo *s*. Los homocigotos para el gen modificador *LwLw* serán casi completamente pigmentados y los recesivos homocigotos *lwlw* casi completamente blancos, finalmente los heterocigotos *Lwlw* tendrán un carácter intermedio. Además de los dos colores oscuros mencionados, existen también animales grises y rosillos que son el resultado de la mezcla de pelos blancos con negros y cafés respectivamente. Este carácter parece que se debe a otro alelo de *C*, que expresaría los colores anotados en presencia de *v* o *V*. El alelo indicado *c<sup>s</sup>* sería dominante sobre *c*.

Los diferentes tonos que se observan tanto en café como en negro, se deberían a genes

diluidores que tendrán que ser investigados en el futuro (Gandarillas, 1971).

Bustinza (2000) en una revisión bibliográfica y tomando en cuenta observaciones personales, propuso 10 fenotipos básicos en el color del pelaje (blanco albinótico, blanco, rojo, marrón, negro, vicuña, guanaco, rosillo rojo, rosillo gris, gris plateado) controlados por 4 series alélicas independientes, que serían la serie Blanca (*W*), Silvestre (*A*), Negra (*B*) y Gris (*R*). Cada uno de estos colores básicos, tiene tres variaciones en cuanto a la intensidad producido por dos series alélicas, *C* y *D*, produciendo el color normal o medio en condición de *CCdd* y *ccDD*, el color oscuro en condición *CCDD* y el color claro en condición *ccdd*. El carácter manchas, es producido por un gen en homocigosis recesiva *g* y el carácter manchas pequeñas o lunares, es producido por un gen recesivo *p*.

Renieri (2003) investigó la pigmentación y los genes involucrados en llamas argentinas y alpacas peruanas sin haber llegado todavía a resultados concluyentes.

Frank *et al.* (2006) realizaron estudios de segregación con genotipos blancos (no-albinos) con manchas irregulares y otros tipos de pigmentaciones en llamas, en Argentina. Concluyeron que la ausencia de pigmentación (blanco completo) es un rasgo dominante con penetración incompleta en los diferentes tipos de manchas. Los autores no obtuvieron resultados consistentes sobre la segregación de los colores negro y café, tampoco de tipos de pigmentación.

### Anormalidades congénitas

En los camélidos domésticos se han detectado varias anomalías congénitas, las cuales podrían tener origen hereditario, ambiental o ser una combinación de factores hereditarios y ambientales. Una de las anomalías de más alta frecuencia y de mayor efecto detrimental sobre la producción, es la depresión maxilar o

prognatismo mandibular inferior o superior (Chavez, 1991).

Bustinza (2001) agrupa los defectos congénitos de la siguiente manera, de acuerdo a los órganos afectados:

- *Cabeza, cerebro y órganos sensoriales:*  
Hidrocefalia, cíclope, entropía, hernia cerebral, ausencia de orejas, orejas cortas y/o lobuladas.
- *Sistema digestivo:*  
Atresia anal, prognatismo superior e inferior, braquignatismo, hipoplasia maxilar, aplasia maxilar, palatosquisis, hernia umbilical.
- *Sistema reproductivo:*  
Hipoplasia testicular, criptorquidia, aplasia testicular, ectopía, quistes ováricos, hipoplasia ovárica, útero unicornio, hermafroditismo, doble cervix.
- *Extremidades:*  
Polidactilia, monobraquia, peromelia, sindactilia, anquilosis.
- *Otros:*  
Sin cola.

No existen investigaciones sobre las causas de estas anormalidades en camélidos, pero se sabe que en otras especies, casi todos estos defectos son hereditarios.

## 6. Planificación del mejoramiento genético

La planificación del mejoramiento genético animal es un proceso itinerante que comprende el desarrollo y la optimización continua de programas de mejoramiento.

Las fases de la planificación son las siguientes:

- A. Descripción de las condiciones de producción y utilización de productos animales.
- B. Definición del objetivo del mejoramiento genético.
- C. Determinación de los criterios y las restricciones de selección previa estimación de parámetros genéticos y económicos.
- D. Determinación del método de mejoramiento y de las poblaciones incluidas, pruebas de rendimiento, estimación de valores de cría, procesos de selección, planes de apareamiento y modelos para la transferencia del progreso genético a la población regional.

A continuación se describen estas cuatro fases para el caso del mejoramiento genético en camélidos domésticos, basadas en la bibliografía y en las investigaciones de las autoras y de los investigadores asociados.

### 6.1. Descripción de las condiciones de producción y utilización de productos animales

Esta primera fase de la planificación del mejoramiento genético es muy importante; aunque muchas veces olvidada. Las condiciones de producción se refieren a factores ecológicos, naturales y socio-económicos; estos deben ser descritos detalladamente, para poder incorporar en forma adecuada los requerimientos particulares de la utilización de productos animales y las restricciones de los recursos naturales. Hay que estar consciente de que estos factores no se pueden alterar deliberadamente sino que es necesario tomarlos muy en cuenta en la planificación del mejoramiento genético. Según Valle Zárate (2000), enfoques tecnócratas que ignoran el medio ambiente natural y social, crean un ambiente artificial durante el financiamiento de un “proyecto”; permiten éxitos más rápidos pero no sustentables.

Las condiciones de producción pueden variar mucho de una zona a otra y con el tiempo. También el uso que se da a los productos de los animales puede ser distinto. Los productos pueden ser vendidos o usados para el autoconsumo en diferentes proporciones. La alpaca se cría principalmente para la venta de fibra y en menor grado para la obtención de carne. La llama en la mayoría de los casos se cría principalmente para carne; sólo en las regiones donde existe posibilidad de acceder al mercado y donde hay

mayor cantidad de animales Th'ampulli, la fibra de la llama se vende. Además de estos productos, los camélidos proveen varios subproductos y usos a sus propietarios que pueden ser muy importantes en una economía de poca vinculación al mercado. En el Cuadro 1 se describen estos usos.

Se deben considerar estos usos y productos aparte de la producción de fibra porque inciden en las decisiones de los criadores, por ejemplo la composición de sus rebaños y el descarte de animales, como también el valor que adscriben a distintos animales.

## 6.2. Definición del objetivo del mejoramiento genético

El progreso genético se basa en una definición clara del objetivo del mejoramiento genético.

La mejora debe limitarse a pocas características importantes para que el progreso genético sea rápido. Se tiene que tomar en cuenta las relaciones beneficio/costo para formular objetivos de eficiencia y no solamente de mayor producción. Los costos se refieren a valores económicos y también ecológicos y sociales. El objetivo debe ser cuantificado económicamente en un índice de selección.

A continuación se describen algunos objetivos alternativos del mejoramiento genético en camélidos; la definición específica depende de las condiciones de producción y comercialización como también del enfoque del proyecto o plan de mejora.

- “Aumento de la productividad del rebaño de alpacas/llamas disminuyendo el tamaño del rebaño”.  
(consideración indirecta de aspectos ecológicos).
- “Producción eficiente de fibras finas considerando condiciones regionales específicas con diferencias estacionales marcadas y posibilidades limitadas de inversión”  
(consideración de alimentación de los animales y poder económico de los criadores).
- “Fomento de pequeños productores incluyendo el desarrollo de formas tradicionales de producción de camélidos”  
(consideración de aspectos sociales por ejemplo para evitar migración masiva del área rural hacia las ciudades).
- “Aumento de la eficiencia de producción de fibras finas considerando características de la calidad de la fibra”  
(incorporando resultados de estudios de mercado).

**Cuadro 1.** Funciones de los camélidos dentro del sistema de producción.

Función	Uso
Estiércol	Uso en la cocina como combustible; uso para abono.
Carne	Charque (uso a largo plazo).
Lana	Producción de costales, sogas.
Cuero	Alfombras, correas, lazos.
Piel	Tapices.
Otras	Animal de carga. Función cultural (ritos).

Fuente: Nuernberg (2005).

### 6.3. Determinación de los criterios y las restricciones de selección previa estimación de parámetros genéticos y económicos

Como pre requisitos para la determinación de los criterios de selección se debe exigir:

- un objetivo de mejoramiento claro.
- la posibilidad de registros simples, pero exactos.
- una heredabilidad suficiente ( $h^2 \geq 0.2$ ).
- conocimiento de correlaciones genéticas entre los criterios.

Los criterios de selección se usarán para estimar el valor de los animales como progenitores de generaciones futuras (valor de cría) y para seleccionar los animales de reemplazo. Se deben elegir pocos criterios importantes.

Para registrar los datos de rendimiento de los animales, es necesario que ellos sean identificados individualmente, por ejemplo con aretes prenumerados. Los datos a registrar para el mejoramiento genético de la producción de fibras finas pueden ser los siguientes:

- peso de vellón (cantidad de fibra esquilada por año en kg).
- finura (diámetro de la fibra en  $\mu\text{m}$ ).
- largo de mecha (en mm).

En el caso de las llamas que tienen doble cobertura, interesa también determinar:

- diámetro de fibras finas (en  $\mu\text{m}$ ).
- proporción de fibras finas (en %).

Sin embargo, no debe olvidarse los otros propósitos fuera de la producción de fibras, para los cuales los productores se dedican a la crianza de alpacas o llamas. Por eso puede ser necesario incluir uno ó varios criterios de selección para caracteres de producción de carne u otros propósitos.

Algunos posibles caracteres son:

- velocidad de crecimiento.
- peso a los 2 años de edad.
- peso de la cría lograda al destete.
- capacidad para llevar carga.

Existen muy pocas estimaciones de las heredabilidades de estas características, aunque la heredabilidad es de suma importancia para expresar la confianza que se puede tener en el fenotipo del animal, como una guía para predecir su valor de cría. Cardozo (1954) ya lamentó la falta de datos sobre la heredabilidad, mientras que muchos de los estudios que estimaron heredabilidades en camélidos en los últimos años, presentan una serie de restricciones como la cantidad y calidad de los datos involucrados. Los rangos de las heredabilidades estimadas en Sudamérica para el peso del vellón, son 0.19 a 0.35 en llamas y 0.22 a 0.38 en alpacas; para el largo de mecha 0.28 a 0.42 en llamas y 0.21 a 0.43 en alpacas (datos de varios autores citados por Delgado, 2003).

Para el diámetro de la fibra en alpacas, no se encontraron estimaciones de heredabilidad hechas en Sudamérica; en Australia se estimó en 0.67 (Ponzoni, 1999) y en Nueva Zelanda en 0.73 (Wuliji *et al.*, 2000). Aquí cabe aclarar que los parámetros genéticos están limitados a un carácter y a una población en el ambiente evaluado. Para poder asegurar el éxito de un programa de mejoramiento genético en una determinada población, es indispensable contar con estimaciones confiables de estos parámetros genéticos, propios de la población y de su ambiente de cría (Delgado 2003).

Para la fibra de llama, se estimaron las heredabilidades de las características de calidad en 1869 en llamas de Ayopaya en el departamento de Cochabamba. Las heredabilidades para el diámetro total de fibras, desviación estándar del diámetro total, diámetro de fibras finas, proporción de fibras finas < 30  $\mu\text{m}$  y pro-

porción de kemps fueron 0.33, 0.28, 0.36, 0.32 y 0.25, respectivamente (Wurzinger *et al.*, 2003).

Las heredabilidades de medidas zoométricas fueron estimadas en 2821 llamas y la heredabilidad del peso corporal en 1536 llamas de Ayopaya. Para altura a la cruz, perímetro torácico, largo de cuerpo, perímetro abdominal y peso corporal, se obtuvieron estimaciones de heredabilidad de 0.27, 0.15, 0.09, 0.11 y 0.36, respectivamente (Wurzinger *et al.*, 2005).

Las correlaciones genéticas entre los diferentes criterios de selección deben tomarse en cuenta al desarrollar el índice de selección. Lamentablemente, existen muy pocas publicaciones al respecto. Velasco, 1980, (citado por Novoa, 1989), en 106 pares de madres - hijas en alpacas, estimó una correlación genética entre peso corporal y peso del vellón de  $-0.026$ , valor bajo que se considera como indicación de que existe independencia entre los dos caracteres.

Al contrario, Martínez *et al.* (1997) encontraron una correlación positiva entre peso del vellón y peso vivo ( $r = 0.42$ ) en 143 llamas. Los mismos autores estimaron que no había correlaciones entre peso vivo por un lado y diámetro total de fibras y porcentaje de medulación por otro lado, respectivamente  $r = 0.15$  y  $r = -0.09$ ; tampoco hubo correlación entre el peso de vellón y diámetro de fibras y porcentaje de medulación, (respectivamente  $r = 0.008$  y  $r = -0.05$ ). Si estas estimaciones se pueden confirmar en otras poblaciones con un número mayor de observaciones, entonces se concluiría que al seleccionar para el peso del vellón se aumentaría el peso vivo, mientras que no se cambie el diámetro de fibras ni el porcentaje de medulación.

Las estimaciones de correlaciones genéticas entre medidas zoométricas en llamas de Ayopaya fueron positivas (entre 0.55 y 0.94); entre peso corporal y altura a la cruz, perímetro torácico, largo de cuerpo y perímetro abdominal se estimaron correlaciones genéticas de 0.66, 0.83, 0.87 y 0.82 respectivamente (Wurzinger *et al.*, 2005).

Correlaciones fenotípicas entre características de cantidad y de calidad de la fibra, fueron calculados en 319 llamas en Ayopaya (Fernández, 2005; Fernández *et al.*, 2005). Estas correlaciones indicaron que no existe antagonismo entre las características de cantidad y de calidad de la fibra; si estos resultados se podrían confirmar en una estimación de las correlaciones genéticas, será posible realizar una selección en base al peso de vellón sin riesgo de una depresión de las características de calidad de la fibra. Sin embargo, concluyendo de experiencias en otras especies, la expectativa sería que se presenten tales antagonismos, al menos en un proceso de selección avanzado.

El parámetro económico de un carácter, se define como el cambio en ganancia resultando del cambio de una unidad del carácter, asumiendo que todos los demás caracteres se mantienen constantes. Estos valores económicos difieren de una región a otra y también en el transcurso del tiempo, así que necesitan ser ajustados cada vez que ocurran cambios en los costos y/o beneficios.

Los diferentes criterios de selección tienen que ponderarse según sus valores económicos y se incluyen en un índice de selección.

Sin embargo, el índice de selección puede ser sencillo (pero menos exacto) en caso que no se conozcan los valores económicos o su estimación sea difícil (por ejemplo cuando los productos son usados más que todo para el consumo doméstico de pequeños productores). Se puede citar el índice aplicado en la selección de llamas en el Campo Experimental de Altura INTA Abra Pampa (Argentina), donde el 70% está orientado a producción de carne y el 30% a producción de fibra, siendo la fórmula  $I = 0.7$  (peso vivo) + 0.3 (peso del vellón y análisis de fibra) (Mezzadra, 2003). En el Perú, según Bustinza (1991), hay pocos centros de crianza de alpacas que usan índices, donde consideran el peso de vellón y el peso vivo con coeficientes de 70% para peso de vellón y de 30% para peso vivo, cuya fórmula resumida es:

$I = 0.70$  (peso de vellón) +  $0.30$  (peso vivo).

En Bolivia aún no se realiza la selección por índice ni en alpacas ni en llamas.

Las restricciones de selección se aplican a animales con ciertos defectos que no deben ser usados como reproductores o cuando se asume que un carácter no debe manifestarse debajo de un cierto nivel predefinido. En los camélidos, los defectos pueden ser: testículos muy pequeños o de diferentes tamaños entre ellos, criptorquídicos, monorquídicos, prognatismo (inferior o superior), deformaciones de la columna o de las patas.

Vellones mezclados de dos ó tres colores, no deberían aceptarse en los reproductores por la dificultad de separar los colores y ofertar lotes de color uniforme a la venta.

#### 6.4. Determinación del método de mejoramiento genético

La determinación del método de mejoramiento y las poblaciones involucradas, se basa teóricamente en una comparación de los efectos genéticos aditivos y de heterosis en combinaciones de la población local con todas las poblaciones mundialmente accesibles. En la práctica, las alternativas factibles se reducen a pocas opciones (Valle Zárate, 2000).

Las poblaciones involucradas (razas, ecotipos, líneas o variedades) deben ser probadas en el mismo ambiente. Sí de estas pruebas, resulta la superioridad de una de las poblaciones se puede recomendar un programa de sustitución de la población menos favorable. Según Bustinza (1991), existen diferentes ecotipos en la zona de Puno, y aún en cada población grande de alpacas criadas conjuntamente en empresas asociativas, pero recién se están evaluando las características de estas líneas y aún no se han realizado cruzamientos dirigidos de estas.

Si se estima una heredabilidad baja, frecuentemente se observa heterosis en estos caracteres al realizar cruzamientos entre pobla-

ciones. Generalmente, los caracteres que no pueden ser mejorados por selección podrían ser mejorados por cruzamientos. Sin embargo, hay que tener presente que existe una diferencia fundamental entre estas dos vías del mejoramiento genético: los efectos de la selección son acumulativos de generación en generación, mientras que los efectos de la heterosis no lo son. Para utilizar la heterosis, el cruzamiento entre poblaciones tiene que ser repetido en cada generación (Ponzoni, 1992). Esto es factible en especies de alta tasa reproductiva (como en cerdos) pero difícil en los camélidos. Una alternativa existe en la formación de nuevas razas compuestas, aún no al máximo, sí se pueden utilizar los tres componentes de heterosis: la individual, la maternal y la paternal.

Cuando se estima una heredabilidad de los criterios de selección mediana a alta, se puede recomendar la selección como método de mejoramiento; esto muy probablemente va a ser el método elegido para el mejoramiento genético de las fibras. El siguiente paso es la determinación de posibles antagonismos dentro del objetivo del mejoramiento; esto se estima mediante las correlaciones genéticas. En el caso de correlaciones favorables simplemente se combinan los criterios de tal manera que el progreso genético es maximizado (Ponzoni, 1992).

Se deben organizar las pruebas de rendimiento para evaluar los datos de los individuos y procesarlos. Los datos tienen que ser ajustados de acuerdo a fuentes de variación ambiental conocidos (efectos de año, edad, sexo y otros). Después se calcula el valor de cría para cada carácter y el índice de mérito total de cada animal. Los animales de ambos sexos con méritos mayores se seleccionan y los machos inferiores deben ser castrados ó sacrificados. Los machos reproductores se usan según un plan de apareamiento, evitando la cruce entre animales emparentados. El progreso genético será mucho más rápido cuando no se intenta realizarlo aisladamente en cada rebaño particular sino mediante una estructura adecuada de transferencia desde un rebaño élite a la población entera (Figura 1).

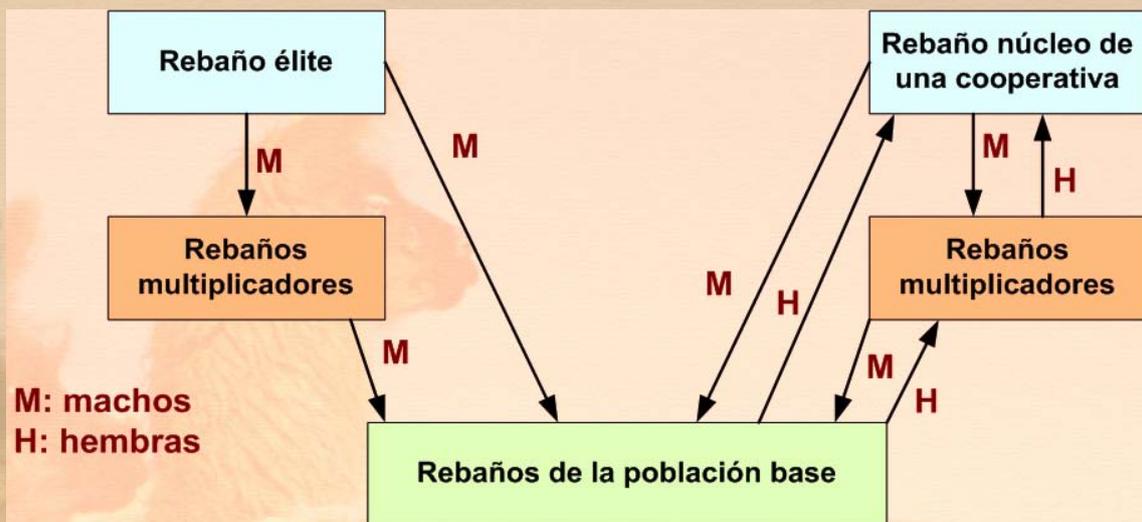


Figura 1. Transferencia de animales (genotipos) superiores.

La causa del progreso genético más rápido se debe a que los animales superiores, muy sobresalientes se concentran en el ápice de la jerarquía. Ahí se multiplican y los genes superiores llegan a la base de la población mediante la transferencia de machos reproductores. Normalmente, no hay transferencias de hembras y tampoco se introducen animales de afuera al rebaño élite.

Una alternativa a este modelo es la estructura de un rebaño núcleo manejado en forma de cooperativa. En este caso, se realiza un sondeo del rendimiento de los animales de todos los socios de la cooperativa. Luego los mejores machos y hembras se transfieren al rebaño núcleo donde se multiplican. Los reproductores jóvenes seleccionados se distribuyen a los rebaños de base, de manera que todos los socios comparten el progreso genético realizado en el rebaño núcleo. En ambas alternativas, puede ser necesario crear rebaños multiplicadores intermedios entre los rebaños élite/núcleo y los rebaños de base para poder abastecer el número de machos reproductores requeridos.

Sin la presencia de una estructura que distinga entre rebaños élite o núcleo por un lado y rebaños de base por otro lado, la implementación de programas de mejoramiento genético dentro de una raza (o ecotipo) es extremadamente difícil. Además, existe el riesgo de que

se realicen introducciones de animales de otras regiones y que se usen en cruzamientos indiscriminados, llegando de esta manera a la pérdida gradual de genotipos de alto valor adaptados a su medio ambiente local (Ponzoni, 1992).

La necesidad de formar asociaciones de productores no ha perdido nada de su importancia desde que fue formulada por Cardozo (1954). La asociación puede vigilar los intereses colectivos de los socios, además de facilitar y acelerar el progreso genético en sus animales.

## 7. Mejoramiento de aspectos no genéticos

El mejoramiento genético no puede realizarse al margen de mejoras del ambiente; por ejemplo una eficiencia reproductiva baja limita el progreso genético, este es más rápido cuando se puede aumentar la intensidad de selección. Esto se puede lograr con un número de crías más elevado, o sea reduciendo la mortalidad de crías, o con mayor fertilidad en las hembras. Los caracteres relacionados con la reproducción, por lo general, tienen heredabilidades bajas, así que una mejora sustancial se puede lograr mediante el mejoramiento del ambiente. La alimentación y la sanidad juegan un rol importante también.

Otro aspecto relevante es la mejora en las prácticas de esquila que inciden sobre la calidad de la fibra ofrecida al mercado. Así la esquila anual, la limpieza, el acopio y la agrupación por colores y calidades, son prácticas a ser consideradas adecuadamente.

## 8. Conclusiones

El mejoramiento genético de los camélidos, es probablemente el menos avanzado entre todas las especies de animales domésticos en América Latina. De ahí surge la urgencia de realizar investigaciones sobre los sistemas de producción, estimar parámetros genéticos, formular parámetros económicos aplicables a la economía del pequeño productor, además de fortalecer asociaciones de productores y establecer sistemas de selección y transferencia del progreso genético. El beneficio del mejoramiento de los camélidos debe llegar a los productores de camélidos, posibilitando la permanencia en sus tierras ancestrales y contribuyendo a una vida digna y promisoriosa, también para futuras generaciones.

## Referencias citadas

- Bustinza, V. 1991. Mejoramiento genético. **En:** Novoa, C. y Flores, A. (eds): Producción de Rumiantes Menores: Alpacas. RERUMEN, Lima, Perú.
- Bustinza, V. 2001. La Alpaca. Conocimiento del gran potencial andino. UNA. Puno, Perú.
- Bustinza, J. 2000. Herencia del color en el pelaje de los lamoides. Simposium Internacional Camélidos Sudamericanos Domésticos, Seminario Final Proyecto Supreme, 27 al 31 de Marzo de 2000, Arequipa, Perú, pp. 19.
- Cardozo, A. 1954. Auquénidos. Ed. Centenario, La Paz, Bolivia, pp. 151, 156, 163.
- Chavez, J. 1991. Mejoramiento genético de alpacas y llamas. **En:** Fernández-Baca, S. (ed.): Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. FAO, Santiago, Chile.
- Delgado, J. 2003. Perspectivas de la producción de fibra de llama en Bolivia. Potencial y desarrollo de estrategias para mejorar la calidad de la fibra y su aptitud para la comercialización. Tesis de doctorado, Universidad Hohenheim, Alemania.
- Fernández, M. 2005. Rendimiento de fibra en una población de llamas en Ayopaya y su relación con parámetros de calidad. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Fernández, M., Stemmer, A., Valle Zárate, A., Ugarte, G. 2005. Correlaciones entre cantidad y calidad de fibra de llamas en Ayopaya, Bolivia. Memorias VI Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos, 8, 9 y 10 de noviembre de 2005, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, pp. 75-78.
- Frank, E.N., M.V.H. Hick, C.D. Gauna, H.E. Lamas, C. Renieri and M. Antonini 2006. Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). Small Ruminant Research Vol 61, pp. 141-152.
- Gandarillas, H. 1971. Identificación preliminar de los genes involucrados en la herencia del color de las llamas y alpacas. Estación Experimental de Patacamaya, Boletín Experimental 49. La Paz, Bolivia 29 p.
- Hiendleder, S. y M. Kessler. 1997. Zoologie, Domestikation und Verbreitung der Neuweltkameliden. **En:** M. Gauly (ed.): Neuweltkameliden. Ein Leitfadens fuer Halter, Zuechter und Tieraerzte. Parey Buchverlag Berlin, Alemania.
- Martínez, Z., Iñiguez, L.C. y Rodríguez, T. 1997. Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. Small Ruminant Research, v. 24, pp. 203 – 212.
- Mezzadra, C. (coordinador). 2003. Informe nacional sobre la situación de los recursos zoogenéticos. Argentina.
- Novoa, C.M. 1981. La conservación de especies nativas en América Latina. FAO Production and Health Paper No. 24. Roma, Italia.
- Novoa, C.M. 1989. Genetic improvement of South American Camelids. Rev. Brasil. Genet. 12, 3 – Supplement, 123 – 135.
- Nuernberg, M. 2005. Evaluierung von Produktionssystemen der Lamahaltung in kleinbauerlichen Gemeinden der

- Hochanden Bolivians. (Evaluación de los sistemas de producción de llamas en comunidades campesinas de los Andes Altos de Bolivia). Tesis de doctorado, Universidad Hohenheim, Alemania.
- Ponzoni, R. 1992. Genetic improvement of hair sheep in the tropics. FAO Animal Production and Health Paper 101, Roma, Italia.
- Ponzoni, R. W. 1999. Phenotypic and genetic parameters for some production traits in young Australian alpacas. **En:** Australian Alpaca Fibre. Improving Productivity and Marketing. Rural Industries Research & Development Corporation (RIRDC). Kingston, Australia, pp. 47 – 54.
- Renieri, C. 2003: Selection for coat colour in alpaca (*Lama pacos*) and llama (*Lama glama*). **En:** III Congreso Mundial sobre camélidos, 15 al 18 de Octubre de 2003. Potosí, Bolivia. Tomo I, pp.11-19.
- Valle Zárate, A. 2000. Estrategias de mejoramiento animal en condiciones de marginalidad. **En:** Coloquio 2000, "Actuales Problemas en la Producción Animal". Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- Wheeler, J. 1991. Origen, evolución y status actual. **En:** Fernández-Baca, S. (ed.): Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. FAO, Santiago, Chile.
- Wuliji, T., Davis, G. H. Dodds, K. G. Turner, P. R., Andrews, R. N. y Bruce, G. D. 2000. Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fibre characteristics of alpacas in New Zealand. Small Ruminant Research, Vol. 37, pp. 189 – 201.
- Wurzinger, M.; Delgado, J.; Nürnberg, M.; Valle Zárate, A.; Stemmer, A.; Sölkner, J. y Ugarte, G. 2003. Parámetros genéticos de crecimiento y características de calidad de la fibra de llamas en Ayopaya, Bolivia, **En:** III Congreso Mundial sobre Camélidos, 15 al 18 de octubre de 2003, Potosí, Bolivia. Tomo I, pp. 303 – 310.
- Wurzinger, M.; Delgado, J.; Nürnberg, M.; Valle Zárate, A.; Stemmer, A.; Sölkner, J. y Ugarte, G., 2003. Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. Livestock Production Science 95 (2005) 73-81.