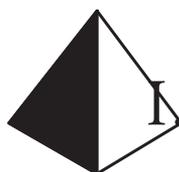




SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE

CARTILLA TECNICA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

2010



I.C.T.

INSTITUTO DE
CAPACITACION
PARA EL TRABAJO



SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE

CARTILLA TECNICA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

CONVENIO SENA-ANCO 0047/2009

Darío Montoya Mejía
Director General SENA

Juana Pérez Martínez
Directora Planeación y Direccionamiento Corporativo.

Sandra Patricia Correa
Coordinación de Innovación y Desarrollo Tecnológico SENA

Daniel Santiago Durán Socha
Asesor SENA Dirección General



SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE

Iván Vélez Palacio
Presidente de ANCO

Guillermo Eslava Bowden
Director Ejecutivo de ANCO

Constanza Castillo de Arregocés
Coordinadora del Convenio SENA-ANCO

HÉCTOR CORTÉS LÓPEZ
MV. UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTOR

PAOLA HIDALGO BENÍTEZ
MV. UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTORA

Esta cartilla fue elaborada bajo la asesoría pedagógica del INSTITUTO DE CAPACITACION PARA EL TRABAJO I.C.T por solicitud de la Asociación Nacional de Caprinocultores y Ovinocultores de Colombia, ANCO, dentro del convenio 047 de 2009 suscrito entre ANCO y el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

Bogotá. Marzo 2010





TABLA DE CONTENIDO

	Pags.
INTRODUCCION	6
1. Definición de términos importantes.	9
2. Conceptos de Genética cuantitativa.	11
2.1. Valor aditivo (A).	14
2.2. Desviación no aditiva o por las interacciones de genes.	15
2.2.1. Desviación dominante (D).	15
2.2.2. Desviación por epistasis (I).	15
2.3. La heredabilidad.	17
2.3.1. Heredabilidad en sentido amplio (H^2).	17
2.3.2. Heredabilidad en sentido estricto (h^2).	17
3. Mejoramiento genético.	19
3.1. Selección.	19
3.1.1. Métodos de selección.	20
3.1.2. Conceptos de selección.	22
3.1.3. Respuesta a la selección (R).	24
3.1.4. Respuesta genética anual.	26
3.2. Consanguinidad y cruzamiento.	27
3.2.1. Consanguinidad.	27
3.2.2. Cruzamiento.	28
4. Definición de raza.	30
5. Diversidad genética.	31
6. Programas de mejoramiento genético en ovejas y cabras.	34
6.1. Definición de los objetivos de un programa de mejoramiento genético.	37
6.2. Establecimiento de criterios de selección.	39



6.3.	Selección de los animales mejorantes.	40
6.4.	Diseminación del material genético superior.	42
6.4.1.	Estructura de núcleo en programas de mejoramiento genético.	42
6.4.1.1.	Problemas para el desarrollo de programas de mejora con estructura de núcleo en pequeños productores. (Kosgey y col. 2006).	44
6.5.	Claves de éxito en programas de mejoramiento en el trópico.	44
6.5.1.	Satisfacer las necesidades de los productores locales.	44
6.5.2.	Infraestructura.	44
6.5.2.1.	Incentivo al mercado.	45
6.5.2.2.	Servicios de soporte.	46
6.5.3.	Disminución de la consanguinidad.	47
6.5.4.	Conservación de la diversidad genética.	47
BIBLIOGRAFIA		48

INTRODUCCIÓN

Usualmente se confunde el mejoramiento genético con el cruzamiento de una raza criolla con una importada. Se supone que la raza importada incidirá en la precocidad del crecimiento, en el tamaño o en la prolificidad. Es posible que así sea, en cuanto ciertas características de la raza puedan ser heredadas.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta varios aspectos: el primero y básico es el propósito. Responde a la pregunta ¿qué quiero mejorar? o ¿Cuál es el objetivo a lograr? La respuesta es la clave.

Definido el objetivo, habrá que establecer las estrategias. Y el cruce entre razas solo es uno de los múltiples caminos para hacer mejoramiento. Siempre habrá que recordar que en los cruces puede haber ganancias y pérdidas. Posiblemente ganancia de peso o tamaño y pérdida de rusticidad y con ella de adaptabilidad al medio. Es bien conocido que el comportamiento de una raza depende en gran parte del medio y no todas las razas que han llegado al país han sido estudiadas en los distintos ambientes tropicales que tiene Colombia.

El autor aclara citando a Genghini que *“si la mayor parte de la variación es de origen genético, esperamos que las diferencias en producción sean mayormente debidas a los genes que los individuos poseen y entonces serán transmitidos en su mayor parte a la progenie. Por otro lado, si la proporción mayor de las diferencias entre animales es de origen ambiental, esos efectos no son transmitidos a la progenie”*

En conclusión, si la situación es la segunda y radica en el ambiente o condición de la tenencia de los animales, el cruzamiento tendrá poca incidencia y es probable que de no mejorarse las condiciones ambientales el cruzamiento no produzca los efectos esperados.

Pero otro tipo de estrategias son igualmente válidas: la selección entre los individuos de un aprisco para escoger a los padres y el control de los apareamientos. El proceso de selección es igualmente objeto de controversia o alternativas, ya que puede hacerse por sus propios valores fenotípicos o por los valores fenotípicos de sus familiares. La primera opción es la habitual por lo sencilla. Sin embargo el autor analiza sus alcances y limitaciones.

La selección por parientes, igualmente puede referirse a ascendientes o colaterales o por control de descendencia (prueba de progenie). Una y otra requieren de registros.

Son diversos los procedimientos y variados los métodos para controlarlos mediante registros estadísticos que permitan tomar decisiones, ya que el mejoramiento genético es un proceso continuo cuyos indicadores determinarán qué tan conveniente es el camino estimado para llegar a la meta.

Uno de los objetivos más importantes de todo sistema de mejoramiento animal, es obtener mejores índices en los parámetros productivos y reproductivos, de forma que se obtenga mayor cantidad de producto y se disminuya el periodo improductivo de los animales, todo esto optimizando los recursos disponibles, priorizando la rentabilidad del ejercicio.

Para alcanzar este objetivo, primero es necesario conocer la situación actual de cada sistema productivo para poder determinar cuáles son los problemas del mismo. La mejor forma de establecer objetivamente la situación actual de la explotación, es establecer una serie de índices y parámetros productivos, reproductivos y sanitarios, y que al compararlos con los valores ideales, o por lo medos deseables, permiten dar una idea de las áreas en las que se está fallando, y de esta manera diseñar proyectos, planes y actividades concretas para lograr mejorar estos parámetros o índices.

Para que lo anterior sea posible, es necesario que la información obtenida sea confiable, ya que es una labor principalmente de procesamiento de datos, por esto las conclusiones que se extraen del análisis van a ser ciertas siempre que los datos usados también los sean. De ahí la importancia de contar con un sistema de registro de eventos y análisis de datos, y establecer este sistema, es el primer paso para conseguir este mejoramiento.

También hay que tener en cuenta que para mejorar los parámetros, hay dos vías, que deben ser usadas en conjunto para alcanzar los objetivos deseados. La primera es mediante la optimización de las condiciones que intervienen en la producción, como la nutrición, el plan sanitario, el manejo y el control reproductivo, estas mejoras en el



ambiente, tienen un efecto rápido sobre la producción, sin embargo este efecto es temporario, ósea que se limita a la duración de la mejora que se aplica, y su efecto se desaparece cuando se suspende la mejora aplicada. La segunda forma es el mejoramiento por la vía genética, en la cual mediante la selección y/o cruzamiento de individuos con rendimientos en los parámetros productivos superiores a la media poblacional, permite aumentar los valores de dicha media en los cruces sucesivos, usando esta vía, el progreso es más demorado, pero los resultados obtenidos son permanentes y acumulativos. Las mejoras ambientales y genéticas no son excluyentes, sino complementarias.

Dentro del marco del Convenio de Cooperación 047 SENA ANCO y con el apoyo pedagógico del Instituto de Capacitación para el Trabajo ICT se ha desarrollado la presente Cartilla Técnica de Mejoramiento Genético con la autoría del doctor Héctor Cortés López MV y la Dra. Paola Hidalgo Benítez quienes presentan una propuesta tendiente a controlar procesos de mejoramiento, en orden a orientar a productores y técnicos.

1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS IMPORTANTES

¿Qué entendemos por genética?

Es la ciencia que estudia los fenómenos de la herencia y la variación en los seres vivos.

Herencia, es la tendencia de los seres vivos a parecerse a sus progenitores y **Variación** es la tendencia de los seres vivos a diferenciarse unos de otros.

¿Qué es fenotipo?

Es el conjunto de las características detectables en un organismo (anatómicas, bioquímicas, fisiológicas, productivas o conductuales). El fenotipo es controlado por la composición genética (genotipo) de los individuos y por todas las condiciones del medio donde vive (ambiente).

¿Qué es Genotipo?

Es el conjunto de *genes* de un organismo

¿Qué es un Gen?

Es la unidad básica que se hereda en los individuos, son fragmentos de ADN que codifican para una proteína específica. Los genes se encuentran en los cromosomas y cada individuo recibe dos copias de cada gen, una en cada cromosoma homólogo, proveniente cada copia de alguno de sus padres.

¿Que es un cromosoma?

Cromosomas, son unos pequeños cuerpos que se encuentran en el núcleo de las células, en donde se organiza el material genético de los individuos. En las células somáticas los cromosomas se presentan en pares, cada par denominados cromosomas homólogos.

¿Qué es un Alelo?

Es cada una de las formas alternativas que puede tener un gen.

¿Qué es un Locus?

Es una región en una posición fija de un cromosoma, la localización de un gen en un cromosoma. Loci, es el plural para locus.

¿Qué es Homocigosis?

La presencia de dos alelos iguales, para un gen en los cromosomas de un individuo. Un individuo homocigoto para un gen, solo puede transmitir un solo alelo a su descendencia.

¿Qué es Heterosigosis?

La presencia de alelos diferentes en las copias de un gen presentes en los cromosomas de un individuo.

¿Qué es media o promedio?

Es una medida de tendencia central, o sea que nos dice hacia donde tienden a estar los datos, también la conocemos como promedio, se calcula sumando los valores de todos los datos y dividiendo por el número de datos usados.

¿Qué es varianza?

Es una medida de dispersión, o sea que nos indica que tan separados o dispersos están los valores de los datos en una población.

¿Qué es desviación estándar?

Es una medida de dispersión, definida como la raíz cuadrada de la varianza.

2. CONCEPTOS DE GENÉTICA CUANTITATIVA

Entre todas las características o rasgos fenotípicos, que observamos en nuestros animales podemos encontrar dos grandes grupos, el primero son las características que son distinguibles fácilmente a simple vista, con diferencias obvias, como por ejemplo la presencia o ausencia de cuernos, el color de la capa, etc., estas características se conocen como **cuantitativas**. El otro grupo de características que podemos encontrar en una población (que agrupa a la mayoría de importancia económica) presentan una variación continua, es decir, que no presentan distinciones claramente identificables entre los individuos, y generalmente se identifican mediante mediciones y no mediante enumeración, por ejemplo el volumen de producción de leche y el peso a una edad determinada, peso y finura del vellón. Estas características se conocen como **cuantitativas** o métricas.

Las características **cuantitativas** son variables (pueden tomar valores diferentes) donde los valores son expresados en categorías definidas, como por ejemplo tiene cuernos o no tiene cuernos, el color es rojo, negro o ruano, el color de los ojos es negro, café, azul, verde etc. En estas características generalmente el medio ambiente no tiene influencia sobre su presentación, por ejemplo un animal con lana negra, mantiene el color de su lana sin importar el lugar donde se encuentre o el manejo al que este expuesto. Además, estas características son reguladas por uno o pocos genes.

En las características **cuantitativas** la herencia es usualmente compleja, y muchos genes pueden estar involucrados aportando cada uno un efecto pequeño, por esto también se conocen como herencia poligénica, además estas características son influenciadas por el medio ambiente al cual el individuo está expuesto.

Estas características cuantitativas de los individuos, se identifican generalmente mediante la medición, asignándoles un valor. Este valor (expresado en las unidades de medición) observado cuando se mide la característica en un individuo se conoce como el *valor fenotípico* de dicho individuo (Falconer y Mackay, 2001), o también se conoce como “**mérito individual o performance**” de un individuo para un carácter (Genghini y col, 2002).

Las características cualitativas son controladas por pocos genes y son poco influenciadas por el medio ambiente.

Las características cuantitativas son controladas por muchos genes y son afectadas considerablemente por el medio ambiente.

Para analizar las propiedades genéticas de las poblaciones, se debe separar el *valor fenotípico* en los componentes que lo determinan. De manera general el valor fenotípico está determinado por dos componentes principales: por el genotipo y por el ambiente.

El genotipo es el conjunto particular de genes que tiene un individuo y el ambiente son todos los factores no genéticos que afectan al valor fenotípico. Esto se puede expresar asumiendo que el genotipo confiere un valor al valor fenotípico del individuo (valor genotípico) y el ambiente produce un cambio de ese valor aumentándolo o disminuyéndolo (desviación ambiental) (Falconer y Mackay, 2001). Escribiendo esto en un modelo matemático se tiene:

$$F = G \pm M$$

Donde **F** es el valor fenotípico, **G** es el valor genotípico y **M** la desviación ambiental.

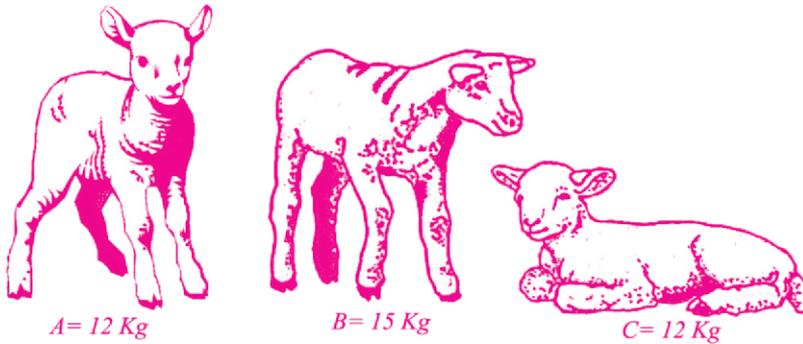
Para un individuo cualquiera el valor genotípico **G**, queda determinado en el momento de la concepción y **M** representa el efecto combinado de todos los factores que ejercen alguna influencia sobre el carácter particular en dicho individuo entre la concepción y el momento en que se mide **F** (Genghini y col, 2002).

Es conveniente expresar el modelo enmarcándolo en una población, expresando los valores no como absolutos sino como relativos a la población que se considera. De esta manera, el modelo genético básico para los caracteres cuantitativos se representa por la siguiente ecuación (Genghini y col, 2002):

$$F = \mu \pm G \pm M$$

De esta manera los valores no son absolutos sino que se expresan como desviaciones de la media o promedio de la población μ .

A manera de ejemplo explicativo, consideremos tres corderos en un rebaño, y los nombraremos con las letras **A**, **B** y **C**. Estos corderos fueron pesados al destete, a la edad de 3 meses y se obtuvieron los siguientes datos.



El valor fenotípico del cordero **A** para la característica de peso a los 3 meses de edad es de 12 kilos; para el cordero **B** es de 15 kg y para el cordero **C** es de 12 kg.

Vamos a expresar estos valores fenotípicos en una gráfica partiendo de una línea horizontal que representa la media de la población ($\bar{x} = 13$ kg.), las columnas negras son el peso de los individuos (valor fenotípico), si están por encima de la línea horizontal, son pesos superiores al promedio de la población, las columnas grises y blancas representan las contribuciones de los valores genotípicos y los efectos ambientales de los valores fenotípicos respectivamente (Gráfico 1). Este es un ejemplo para la explicación, en la realidad no se puede conocer precisamente el valor genotípico de un individuo ni el efecto ambiental, solo podemos medir el valor fenotípico.

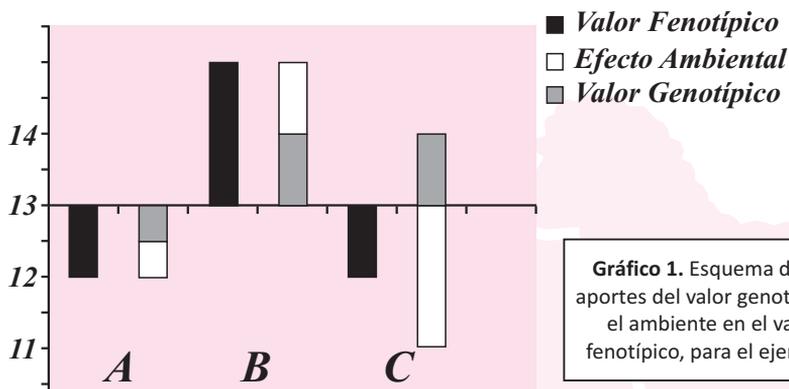


Gráfico 1. Esquema de los aportes del valor genotípico y el ambiente en el valor fenotípico, para el ejemplo.

En nuestro ejemplo, el cordero **B** tiene una ventaja de 2 kg con respecto a la media. Esto se debe a que tiene un buen valor genotípico y experimenta unas buenas condiciones ambientales, por ejemplo su madre fue mejor productora de leche, o recibió mejor

alimentación que los otros animales. Los corderos **A** y **C** pesan 1 kg menos que el promedio, el **A** tiene un menor valor genotípico que los otros animales, y estuvo expuesto a condiciones ambientales menos favorables que el cordero **B**. El cordero **C** tiene un valor genotípico igual al cordero **B** sin embargo estuvo expuesto a unas condiciones ambientales muy difíciles, como por ejemplo una enfermedad o una mala alimentación, por lo que a pesar de tener un valor genotípico igual al cordero con el mayor valor fenotípico, tuvo un valor fenotípico por debajo del promedio.

El *valor genotípico* de un individuo representa el efecto total de los genes que afectan una determinada característica. Sin embargo, este efecto puede tener varios componentes que lo determinan. En primer lugar, está el efecto individual de cada alelo presente en los genes que afectan la característica de interés en el individuo (efecto aditivo) y en segundo lugar está el efecto de la combinación de esos genes ya sea debido a la interacción entre alelos de un gen (dominancia) o entre los genes que afectan la característica de interés (epístasis).

Entonces, el valor genotípico está determinado por tres componentes: un valor aditivo (**A**), la desviación por dominancia genética (**D**) y la desviación por epístasis (**I**).

$$G = A \pm D \pm I$$

2.1. Valor aditivo (A)

También se llama valor reproductivo, valor de cría o valor mejorante. Es la porción del valor genotípico, causada por la suma de los efectos fenotípicos de cada alelo en el genotipo de un individuo. Se entiende que cada alelo en los genes puede afectar una característica aportando parte de su valor, el valor Aditivo será la suma de los aportes de cada uno de los alelos presentes en los genes que afectan una característica.

Determina el valor de un individuo como padre, ya que mide el aporte de los alelos que tiene, que son las unidades genéticas que es capaz de transmitir a su descendencia. Ya que un **padre pasa en promedio, la mitad de su valor de cría a la progenie, si un individuo se aparea con diferentes individuos tomados al azar de una población, su valor mejorante es el doble de la diferencia entre la media de sus hijos y la media poblacional** (Falconer y Mackay, 2001).

$$A = 2 (X \text{ hijos} - X \text{ población})$$

Por ejemplo, en una granja ovina productora de lana, el promedio de producción de lana por animal es de 3 kg. Los hijos de un carnero que se apareo al azar con las hembras de la finca tienen en promedio 3,2 kg de peso del vellón.

El valor mejorante (A) del reproductor en el ejemplo se estimaría con la formula anterior:

$$A = 2 (3.2 \text{ kg} - 3 \text{ kg}) = 0.4 \text{ kg}$$

O sea que ese reproductor tiene un valor mejorante estimado de 0.4 Kg para esa población.

Como un individuo aporta la mitad de sus genes que determinan su valor mejorante, a sus hijos, se conoce como **CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN o DIFERENCIA DE LA PROGENIE (DP)** de un individuo en la población analizada a la mitad del valor mejorante de dicho individuo:

$$DP = \frac{1}{2} A$$

Las diferencias en la progenie no son medibles directamente pero pueden predecirse usando los datos de producción. Tales predicciones se llaman **DIFERENCIAS ESPERADAS EN LA PROGENIE (DEPs) o CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN ESTIMADA**. Estos valores son comúnmente usados en la práctica ganadera para hacer comparaciones genéticas entre animales (Genghini y col, 2002).

2.2. Desviación no aditiva o por las interacciones de genes

La parte del valor genotípico de un individuo que se debe al efecto de **combinación** de genes, son los efectos de dominancia y epístasis. Estos efectos no se transmiten de los padres a la progenie porque los padres sólo transmiten genes y no combinaciones de genes (Genghini y col, 2002). Se manejan como desviaciones porque son medidas como la diferencia del valor que se esperaría si en la población todos los efectos genéticos fueran aditivos (Hamilton. 2009).

2.2.1. Desviación dominante (D).

Es causada por la combinación de alelos, o sea interacción dentro de locus

2.2.2. Desviación por epistasis (I).

Como los caracteres cuantitativos están controlados por varios genes, es probable que exista interacción entre los diferentes loci que controlan la característica, generándose la desviación por epístasis.

Con lo descrito hasta este momento se puede describir el valor fenotípico con todos sus componentes (Genghini y col, 2002):

$$F = A \pm D \pm I$$

La genética de un carácter cuantitativo gira en torno al estudio de su variación en la población. La variación de una característica en particular es la materia prima que tiene el criador para mejorar esa característica. De no existir variación en una característica, entonces hay la oportunidad de cambiarla o mejorarla ya que todos los individuos tendrían características similares (Gea, 2005). La variación es usualmente medida matemáticamente con la varianza (σ^2), (que es la media elevada al cuadrado de las diferencia de los valores con la media de la población) y se puede estimar siempre que se disponga de un número razonable de valores fenotípicos (Genghini y col, 2002).

La idea básica para el estudio de la variabilidad de su partición en componentes atribuibles a diferentes causas. Los componentes en los que se puede separar la varianza de los valores fenotípicos son los mismos en los que se separó el valor fenotípico (Falconer y Mackay, 2001). **De hecho, para cada componente de F existe el correspondiente componente de $\sigma^2 F$. Así** (Genghini y col, 2002):

$$\sigma^2 F = \sigma^2 A + \sigma^2 D + \sigma^2 I + \sigma^2 M$$

Donde:

$\sigma^2 A$ = variancia de los valores aditivos

$\sigma^2 D$ = variancia de los valores de dominancia

$\sigma^2 I$ = variancia de los valores de interacción por epistasis

$\sigma^2 M$ = variancia del medio

La suma de los tres primeros componentes de la ecuación anterior es la variancia genética total o variancia genotípica σ^2G y mide el grado en que los distintos individuos tienen diferentes genotipos. Como los genotipos quedan determinados en el momento de la concepción, σ^2G mide el grado en que los individuos difieren en factores que quedan fijados en el momento de la concepción. El otro componente mide el grado en que los individuos difieren en todos los factores no genéticos que han tenido influencia sobre el carácter desde el momento de la concepción hasta el momento en que se midió el valor fenotípico. Desde el punto de vista de la estimación del valor genético de un animal, la σ^2M suele considerarse como error experimental, algo indeseado y cuya reducción va a permitir una mejor selección de los individuos de la población. Una fuente importante de variación ambiental en los animales domésticos, sobre todo en mamíferos, son los efectos maternos, tanto pre como posnatales, que se dan principalmente a través de la nutrición. También los errores de medida pueden ser importantes y aumentar la σ^2M .

2.3. La heredabilidad

La partición de la varianza en componentes, permite estimar la importancia relativa de cada componente que determina el fenotipo, o sea nos permite saber cuánto influye en porcentaje o proporción cada uno de los componentes en la característica que queremos mejorar, siendo de particular interés el papel de la herencia frente al ambiente. La importancia relativa de una fuente de variación es la varianza debida a ésta fuente, dada como proporción de la varianza fenotípica total. A la importancia relativa de la herencia en la determinación de los valores fenotípicos se le llama **heredabilidad**. (Falconer y Mackay, 2001).

Heredabilidad es la proporción de la variabilidad del valor fenotípico que depende del componente genético, mide el peso de la genética en una determinada característica.

Si la mayor parte de la variación es de origen genético, esperamos que las diferencias en producción sean mayormente debidas a los genes que los individuos poseen y entonces serán transmitidos en su mayor parte a la progenie. Por otro lado, si la proporción mayor de las diferencias entre animales es de origen ambiental, esos efectos no son transmitidos a la progenie (Genghini y col, 2002).

Existen dos significados de heredabilidad, según sean determinados por la importancia relativa del valor genotípico o del valor mejorante (Falconer y Mackay, 2001).

2.3.1. Heredabilidad en sentido amplio (H^2)

Es la proporción de la variabilidad fenotípica que resulta de las diferencias genéticas entre individuos de una población (Allendorf y Luikart, 2007). Indica el grado en que un carácter está determinado por el genotipo y se expresa como el resultado de dividir la varianza del valor genotípico sobre la varianza del valor fenotípico total:

$$H^2 = \frac{\sigma^2 G}{\sigma^2 F} = \frac{\sigma^2 A + \sigma^2 D + \sigma^2 I}{\sigma^2 F}$$

2.3.2. Heredabilidad en sentido estricto (h^2)

Es la proporción de la variación fenotípica total que es causada por las diferencias genéticas aditivas entre los individuos de una población (Allendorf y Luikart, 2007). Expresa el grado en el que los fenotipos están determinados por los genes transmitidos por los padres y se expresa como el cociente de la variación del valor mejorante sobre el valor fenotípico total.

$$h^2 = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 F}$$

Desde el punto de vista del estudio de las características cuantitativas de los individuos tiene gran importancia para la predicción, ya que representa el grado en que el valor fenotípico proporciona un indicador confiable del valor mejorante de un individuo (Falconer y Mackay, 2001). Puede interpretarse como una medida de la estrechez de la relación entre los valores fenotípicos y los valores de cría para un carácter dado en la población (Genghini y col, 2002).

Los valores de heredabilidad son siempre positivos, pueden variar de 0 a 1, o pueden expresarse como porcentaje. Si es cero, nada de la variación en el carácter es genético y la selección será totalmente inefectiva. Si es uno, no hay variación ambiental presente y el valor fenotípico es igual al valor de cría, permitiendo una selección muy efectiva. Raramente se obtienen estos valores extremos y una heredabilidad mayor a 0.7 se considera muy alta (Genghini y col, 2002).

La heredabilidad es un **valor relativo** y no absoluto, en el sentido de que se aplica a una población en particular (la que sirvió para su estimación) en un ambiente determinado para una característica en particular. Si la población cambia en su composición genética, la heredabilidad también sufrirá cambios, la aplicabilidad de este valor a otras condiciones dependerá de la similitud entre las poblaciones y ambientes en la que se mide y en la que se quiere aplicar (Genghini y col, 2002, Falconer y Mackay, 2001).

3. MEJORAMIENTO GENÉTICO

Para mejorar los parámetros, hay dos vías, que deben ser usadas en conjunto para alcanzar los objetivos deseados. La primera es mediante la optimización de las condiciones que intervienen en la producción, como la nutrición, el plan sanitario, el manejo y el control reproductivo. Estas mejoras en el ambiente tienen un efecto rápido sobre la producción. Sin embargo este efecto es temporario, o sea que se limita a la duración de la mejora que se aplica y su efecto desaparece cuando se suspende la mejora aplicada. La segunda forma es el mejoramiento por la vía genética, en la cual mediante la selección y/o el control de los apareamientos de los individuos, se aumentan los valores del promedio de la población para las características que queremos mejorar. Usando esta vía, el progreso es más demorado, pero los resultados obtenidos son permanentes y acumulativos.

El MGA consiste en aplicar principios biológicos, económicos y matemáticos, con el fin de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación genética existente en una especie de animales en particular, para maximizar su

mérito. Esto involucra tanto la variación genética entre los individuos de una raza, como la variación entre razas y cruzas (Montaldo y Pérez, 1998).

El mejoramiento animal (MGA) es la aplicación de los principios genéticos para mejorar al ganado.

El mejorador dispone de dos procedimientos para el mejoramiento genético, el primero es la elección de los individuos que van a ser padres (**selección**), y el segundo es el control de los apareamientos que abarca los procesos de **consanguinidad y cruzamiento** (Falconer y Mackay, 2001). La elección de cualquiera de las alternativas de mejoramiento no implica la no utilización de la otra, por el contrario, deben ser "Complementarias" (Genghini y col, 2002).

3.1. Selección

La **selección** es garantizar una diferente oportunidad de reproducción en individuos de una población. La selección puede ser **natural** (ejercida por el ambiente) o **artificial** (ejercida por el mejorador). El efecto básico de la selección es cambiar las frecuencias de los genes de una población, lo que para una característica cuantitativa se observa como un cambio del valor promedio para las características. Seleccionar equivale a utilizar los "mejores" individuos como padres independientemente de lo que se

considere como “mejor”. Para elegir cuales animales son mejores, tenemos varias fuentes de información, el valor fenotípico del animal o los valores fenotípicos de sus familiares cercanos (figura 2). Generalmente, la forma más sencilla de seleccionar es eligiendo a los individuos por sus propios valores fenotípicos, sin embargo, no siempre es posible.

3.1.1. Métodos de selección

Selección individual: La selección individual es un proceso de selección basado estrictamente en el valor fenotípico del animal que se va a seleccionar, es decir en su propia producción. La selección individual es el proceso más usado para el mejoramiento y es especialmente importante para características que pueden ser medidas directamente en el individuo. La selección individual tiene una limitación en características como producción de leche y habilidad materna, que son expresadas sólo por las hembras u otras características que se obtienen al sacrificio del animal. En el primer caso por ejemplo, la selección de los machos para reproductores, no puede basarse en su propio comportamiento, sino en el de sus hijas o familiares hembras cercanas. En selección individual se hace la elección de un individuo por predicción de su genotipo a partir de su fenotipo. Este modelo es sencillo y rápido, (Harrington, 1995 citado por Mueller, 2001).

Selección por parientes: Es la selección de individuos utilizando la información de los valores fenotípicos (registros de producción) de sus familiares.

Selección por ascendientes (pedigrí) y/o colaterales: Se necesita la información del registro de pedigrí y de los valores fenotípicos (registros de producción) de sus antecesores y/o sus hermanos o medios hermanos.

La selección por pedigrí utiliza la información de sus antecesores y se usa solo cuando no se tiene información del mérito individual.

El registro de pedigrí es útil si va acompañado del registro de producción de los padres con respecto al promedio de su población, y no cuando solo es un documento con la identificación de aquellos.

La selección de animales a partir de los registros de producción de sus padres se basa en que cada animal recibe la mitad de los genes de cada uno de ellos y tiene la desventaja fundamental que cada generación hacia atrás, equivale a dividir por dos el aporte

genético de los antecesores, esto indica que un animal recibe la cuarta parte de los genes de sus abuelos, por lo que no se justifica ir mas atrás de dos generaciones (Coronel y Mendoza, 1990).

Este método de selección se realiza:

- Cuando la selección se hace antes que el animal exprese la característica.
- Cuando la característica está limitada a un solo sexo, (producción de leche) y la selección de los machos debe hacerse antes de la prueba de progenie. Por lo tanto se realiza la elección de un individuo por predicción de su genotipo según fenotipo de sus ascendientes (padres y abuelos) y colaterales (hermanos y medio-hermanos).
- Para la selección de caracteres no presentes en el individuo a elegir (jóvenes y machos).
- Para selección de caracteres no reconocibles en vivo (rendimiento a la canal).

Selección por control de la descendencia (prueba de progenie). La prueba de progenie evalúa el valor genético de un animal (usualmente un macho) sobre la base del comportamiento de su progenie y se basa en el hecho que el individuo aporta a sus hijos la mitad de su material genético. La información proveniente de una prueba de progenie es la mejor herramienta para seleccionar, si la información es adecuada ya que evalúa al reproductor como padre que es lo que realmente interesa. Las pruebas de progenie son útiles para la selección de machos, particularmente cuando la característica por la cual se quiere seleccionar, se manifiesta solo en la hembra. En si, en la prueba de progenie, **se hace la elección de un individuo por predicción de su genotipo a partir del genotipo de "n" de sus descendientes, cuanto mayor sea "n" y en mayor número de explotaciones, mejor será la selección. Este es el mejor sistema, aunque es el más costoso y lento (Harrington, 1995 citado por Mueller, 2001).**



Figura 2. Fuentes de información y Métodos de selección (modificado Coronel y Mendoza, 1990)

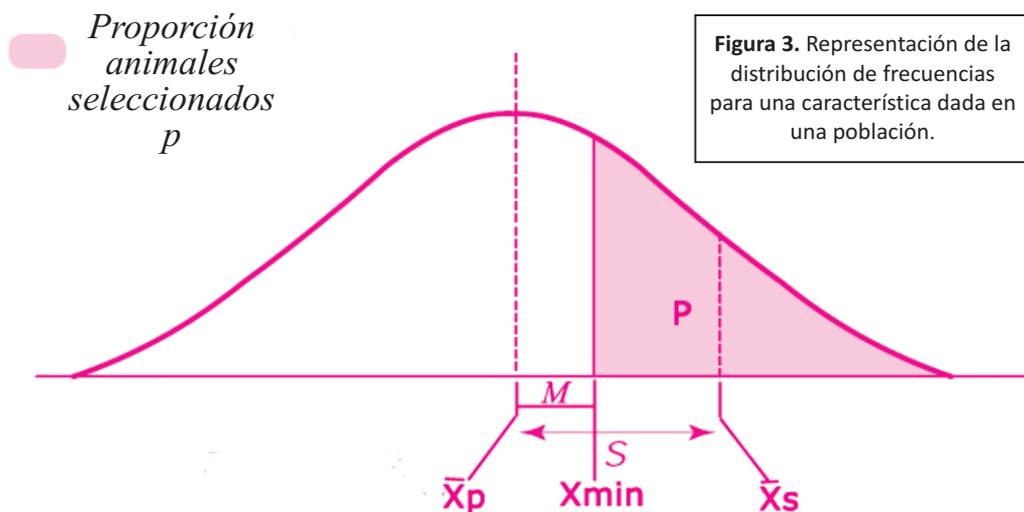
3.1.2. Conceptos de selección

Al aplicar la selección para una característica, el mejorador elegirá como padres a los animales de mayor valor fenotípico o mérito individual (F) para esta característica.

Para esto, primero se determinará un **Valor Mínimo o Punto de corte (X_{\min})**, a partir del cual se seleccionan (Figura. 3). Este punto de corte separa la población en dos áreas, los animales que tienen un valor fenotípico mejor que el punto de corte, que es la población seleccionada y los animales que tienen un valor fenotípico inferior al punto de corte, que conforman a la población de descarte o rechazo.

La diferencia entre la Media de la Población (\bar{x}_p) y el Valor Mínimo se define como **Diferencial Mínimo (M)**.

El área sombreada en la gráfica de distribución de frecuencias de una población representada en la figura 3, representa la proporción de animales seleccionados del total de la población y la llamaremos área **P**.



Los individuos seleccionados tendrán su propia media, que es la **Media de los Seleccionados** (X_s). La diferencia entre la X_s y la X_p se denomina **Diferencial de Selección** (**S**) (Figura 2). Es la superioridad de los reproductores seleccionados con respecto a la población original (Genghini y col, 2002; Coronel y Mendoza 1990).

$$S = X_s - X_p$$

El diferencial de selección depende de la proporción de individuos seleccionados en la población y de la variación de la característica a seleccionar en diferentes poblaciones.

Observando el siguiente gráfico de distribución (Figura 4), se puede entender que la proporción de animales seleccionados (**p**), determina el diferencial de selección (**S**) en la misma población (con la misma variabilidad).

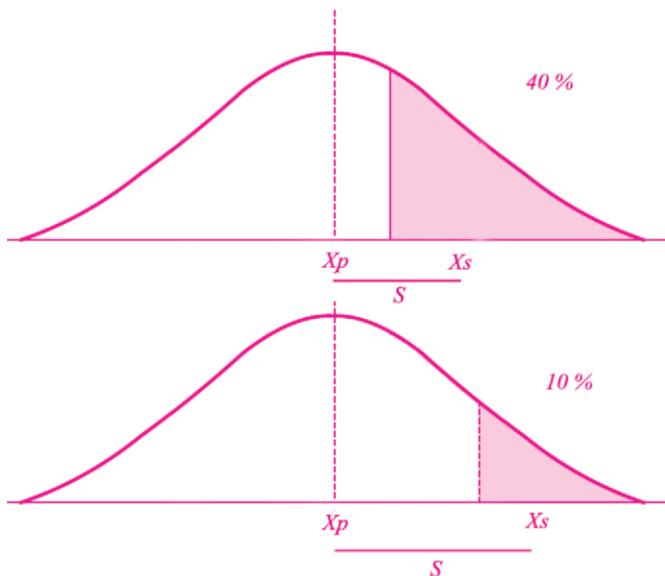


Figura 4. Representación de la distribución de frecuencias con diferente proporción de animales seleccionados en poblaciones con igual variación, mostrando el diferencial de selección (**S**). Arriba un 40% de la población seleccionada, abajo un 10% de la población seleccionada

Observamos como en los dos gráficos, con la misma variación si seleccionamos menos individuos como reproductores obtenemos un mayor diferencial de selección.

El diferencial de selección también se afecta por la variabilidad para la característica fenotípica en diferentes poblaciones.

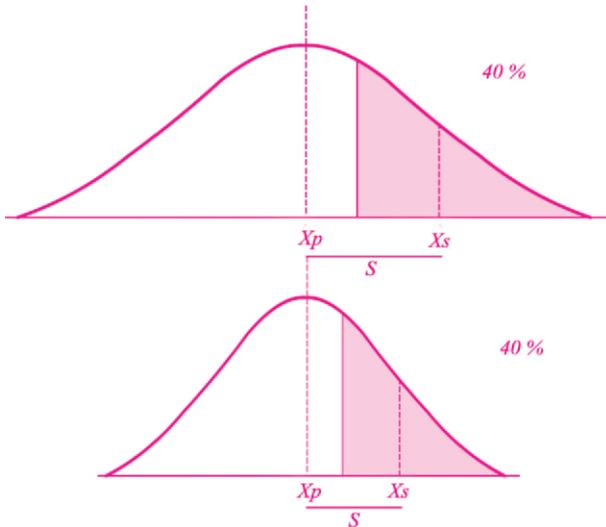


Figura 5. Representación de la distribución de frecuencias en poblaciones con diferente variación, pero con igual proporción de animales seleccionados (40%), mostrando el diferencial de selección (S). Arriba una población con mayor variación que la de abajo.

En el gráfico (Figura 5) se muestra como la variabilidad, afecta el diferencial de selección (S), a pesar de seleccionar la misma proporción de los animales en la población. A menor variación en la población para la característica a seleccionar, el diferencial de selección también disminuye.

El diferencial de selección generalmente es distinto en los dos sexos, debido a que el número de machos necesarios como reproductores es menor que el de hembras, por lo tanto se puede ejercer mayor presión de selección en los machos. Por esto, para calcular el diferencial de selección en una población se debe promediar el diferencial de selección de los reproductores machos seleccionados, y el de las madres. Esto se fundamenta en el hecho que los hijos reciben la mitad de los genes de sus padres y la otra mitad de los genes de sus madres.

$$S = \frac{S_M + S_H}{2}$$

Donde:
 S es el diferencial de selección de la población o total
 S_M es el diferencial de selección de machos
 S_H es el diferencial de selección de las madres

3.1.3. Respuesta a la selección (R).

De los cambios producidos por la selección, el que más le interesa al mejorador es el cambio en la media del valor fenotípico para las características de interés, lo que se

denomina respuesta a la selección (Falconer y Mackay, 2001). Este cambio es la diferencia entre los valores fenotípicos medios de los hijos de los padres seleccionados (x_h) y el valor fenotípico medio de la población antes de aplicar la selección (x_p) (Figura 6).

$$R = x_h - x_p$$

De este modo la respuesta a la selección solo se podría calcular una vez se realice la selección y se tengan los valores fenotípicos de los hijos de los seleccionados.

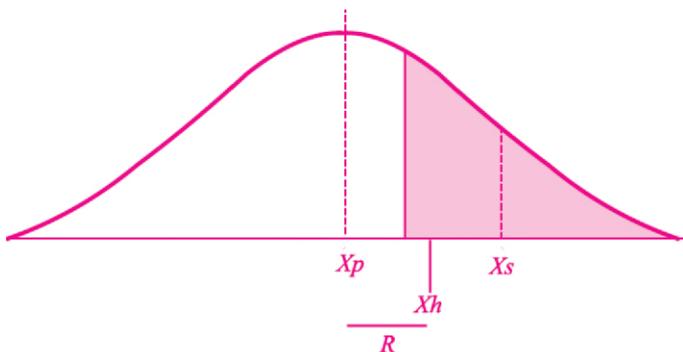


Figura 6. Representación de la distribución de frecuencias mostrando la respuesta a la selección (R). Se muestra la media de la población (x_p) y de la población seleccionada (x_s), y la media de los hijos de los padres seleccionados (x_h).

Sin embargo, la respuesta a la selección se puede predecir utilizando la heredabilidad de la característica mediante la siguiente expresión:

$$R = S_x h^2$$

Esta es una **fórmula predictiva** de la R , conociendo el S y la h^2 del carácter se podrá saber cuál será la R o la modificación de x_h . A medida que la superioridad de los seleccionados (S) se deba en una mayor proporción a efectos aditivos de los genes, mayor será la R .

Para comparar poblaciones que poseen diferente variancia fenotípica (Figura 5) lo ideal es estandarizar el S , dividiéndolo por la desviación estándar " σ " de cada población y obtenemos la intensidad de selección:

$$I = S / \sigma$$

Donde "I" es la **intensidad de selección** y expresa el **S** o la superioridad de los seleccionados en unidades de desvío estándar fenotípico (σ) y nos dice a cuántas desviaciones estándar de la media poblacional (x_p) se ubica la media de los animales seleccionados (x_s).

La intensidad de selección en la población, al igual que el diferencial de selección se calcula como el promedio en los dos sexos:

$$I = \frac{I_M + I_H}{2}$$

3.1.4. Respuesta genética anual

La **Respuesta Genética** que más interesa conocer en la práctica es la que se obtiene **por unidad de tiempo en lugar de la obtenida por generación, por lo que se calcula la Respuesta genética anual o "ΔGa"** y para su cálculo se tiene en cuenta el **Intervalo Generacional**.

Intervalo Generacional (IG): es la edad promedio de los padres al nacer sus crías. Cada sexo tiene su propio IG, siendo el IG de una especie el promedio de ambos sexos. Si bien existen datos aproximados del IG para diferentes especies, es imprescindible calcularlo en cada una de las poblaciones en las que se hace selección, ya que el manejo determina la edad promedio de la población reproductiva (Genghini y col, 2002).

$$\Delta Ga = \frac{R}{IG} = \frac{S \times h^2}{IG} = \frac{I \times \sigma \times h^2}{IG}$$

Mientras **menor** sea el **IG**, **menor** será el **tiempo** en obtener la **R** deseada. La **reducción del IG** entre generaciones es una manera eficiente de **aumentar** la "ΔGa". Ello se logra manteniendo una población que se reproduce a edades tempranas, lo que origina mayores porcentajes de reemplazo, para lo que es necesario mejorar el manejo y la nutrición para que los reemplazos lleguen al servicio, con pesos adecuados para la reproducción. Esto no es independiente de la proporción seleccionada, ya que mayores reemplazos implican seleccionar más animales. Surge así un antagonismo entre la intensidad de selección y el Intervalo entre generaciones (Genghini y col, 2002).

3.2. Consanguinidad y cruzamiento

Endocría y exocría son dos estrategias distintas de apareamientos y están basados no en la valor fenotípico de los individuos sino en el grado de parentesco que poseen (Genghini y col, 2002).

3.2.1. Consanguinidad

La **endocría o endogamia** es el apareamiento de los individuos más estrechamente relacionados que el promedio de la población (Genghini y col, 2002, Gea, 2005).

Como **parientes** podemos definir a dos o más individuos que tienen por lo menos **un antepasado común**. Los individuos que son parientes, pueden recibir el mismo alelo por el lado materno y por el lado paterno.

La consecuencia esencial, que dos individuos tengan un antepasado común es que ambos puedan llevar la copia de uno de los alelos del mismo y por tanto si se aparean entre sí, ambas copias pueden reunirse en un individuo de su descendencia, por lo que **el efecto genético de la consanguinidad es incrementar la homocigocis** (Genghini y col, 2002, Gea, 2005).

Cuando la consanguinidad es utilizada, el incremento en la homocigocis no solamente ayuda al par particular de genes de interés (deseables), sino también en el proceso, los genes menos deseables también se vuelven homocigotos. Esto puede producir animales con mayores defectos genéticos. Por lo tanto, la consanguinidad debe ser acompañada por una selección severa para eliminar aquellos fenotipos y genotipos indeseables (Gea, 2005).

Debido a la expresión de alelos recesivos deletéreos con efecto mayor, la consanguinidad tiene mala reputación y la gente la asocia con defectos genéticos. Es verdad que el defecto causado por alelos recesivos está a menudo en las poblaciones endocriadas, pero la consanguinidad no crea alelos deletéreos, estos alelos ya estaban presentes en una población, la consanguinidad simplemente aumenta la homocigocis y lo hace sin tener en cuenta la combinación homocigótica.

Muchos de estos defectos y anomalías disminuyen la productividad y/o la capacidad reproductiva de los animales, la consanguinidad conduce en general a una disminución del rendimiento efecto denominado **depresión endogámica**. Este efecto, es generalmente mayor en aquellos caracteres asociados con la eficacia biológica, como la

viabilidad y la capacidad reproductiva, ya que los loci que afectan estos caracteres muestran un mayor grado de dominancia que los loci que afectan otros caracteres (Genghini y col, 2002).

La presencia de consanguinidad en el hato puede resultar en:

1. Reducción en la tasa de crecimiento
2. Vigor reducido en términos de tasa reproductiva más baja e incremento de la mortalidad en los recién nacidos.
3. Evidencia de genes letales indeseables.

Con todos estos efectos indeseables de la consanguinidad, parecería que esta debería ser evitada. Sin embargo, en combinación con la selección es una herramienta poderosa de cambio. La consanguinidad, puede ser usada para seleccionar en contra de genes recesivos no deseables y fijarlos, por ejemplo, haciendo homocigóticos los genes deseables en las futuras generaciones. Esta técnica fue utilizada en la formación de varias razas de ganado.

Una consanguinidad suave le facilita al productor fijar características. Por ejemplo, haciendo homocigotas muchas características como la presencia o ausencia de cuernos.

La consanguinidad también es útil para formar familias dentro de una raza. Esta técnica es exitosa para características con baja heredabilidad porque ésta tiende a fijar la característica de una familia en particular.

Generalmente la consanguinidad no debería ser practicada por productores cuando no pudieran afrontar el reemplazo de los animales con un nivel de consanguinidad muy pesado y deben recurrir a intercambio con otros apriscos (Harrington, 1995 reportado por Gea, 2005).

3.2.2. Cruzamiento

La **exocria** se identifica como una técnica de reproducción dirigida entre individuos cuyo grado de parentesco es menor a la media de la población a la cual pertenecen. Los más comunes son las cruas entre razas, variedades y líneas y comúnmente se conoce como cruzamiento (Genghini y col, 2002, Gea, 2005).

El efecto genético de la exocria es incrementar la heterocigosis. El efecto más obvio es la heterosis, produciendo vigor híbrido. Normalmente se acepta el término heterosis como sinónimo de vigor híbrido, pero resulta más exacto definir como **VIGOR HÍBRIDO** a

la superioridad desarrollada en las crías y como **HETEROSIS** al mecanismo genético por el cual se desarrolla esa superioridad y se basa en los mecanismos de interacción génica intra e interlocular (Genghini y col, 2002).

El vigor híbrido se puede definir como la superioridad observada en los valores fenotípicos del promedio de las crías producto de cruzamiento, sobre los promedios de los valores fenotípicos de los padres (Genghini y col, 2002, Harrington, 1995 reportado por Gea, 2005).

El vigor híbrido se calcula como:

$$\% \text{ Heterosis} = \frac{\bar{X} \text{ Crías } (f1) - \bar{X} \text{ Padres}}{\bar{X} \text{ Padres}} \times 100$$

Los signos del vigor híbrido, como resultado de la exocría son:

1. Incremento de la condición
2. Animales más saludables
3. Menores tasas de mortalidad en los recién nacidos
4. Incremento de la fertilidad

En las hembras los resultados del exocría son:

1. Camadas más grandes
2. Mejor producción de leche
3. Mayor aptitud materna

Los motivos principales por los cuales se opta por el cruzamiento son tres:

- 1) Se desea cambiar de raza absorbiendo la raza presente por otra, considerada mejor.
- 2) Se desea complementar las características de las razas usadas aprovechando las ventajas de cada una y
- 3) Se desea aprovechar el vigor híbrido.

4. DEFINICIÓN DE RAZA

La definición de raza es una cuestión que ha generado gran discrepancia. No se encuentra un criterio completamente científico para determinarla. Se acepta la subjetividad en su definición, utilizando conceptos culturales y de aceptación, más que entidades físicas, y el concepto varía de un país a otro.

Para la FAO, la RAZA es un grupo, subespecífico, de animales domésticos que poseen características externas definidas e identificables que permiten distinguirlos a simple vista, de otros grupos definidos de la misma manera en la misma especie; también es un grupo sobre el que, debido a la separación geográfica y/o cultural con otros grupos fenotípicamente similares, existe un acuerdo general sobre su identidad separada (Scherf, 2000. Reportado por Galal, 2005).

Para Colombia la definición de raza se establece en el artículo 1 de la ley 427, que reza:

“Se entiende por raza el grupo de animales de una misma especie, formada con la intervención del ser humano, en unas condiciones socioeconómicas determinadas, que tienen una historia común de origen y desarrollo, y unos mismos requerimientos de tecnología de producción y de adaptabilidad a las condiciones naturales. Una raza se diferencia de otra por sus rasgos fenotípicos y genotípicos, traducidos éstos en características de producción y conformación anatómica, que se transmiten establemente a sus descendientes”.

Esta definición a criterio del autor es de difícil aplicación por falta de claridad en los criterios de identificación y por la imposibilidad en la actualidad para determinar genotipos en la diferenciación de razas.

Al definirse con conceptos culturales, debe tenerse en cuenta los conocimientos de las poblaciones que manejan los animales. El desconocimiento de la percepción de los pobladores locales puede llevar al desconocimiento de razas.



5. DIVERSIDAD GENÉTICA

En el mundo existe una amplia diversidad genética en ovejas y cabras, lo que puede permitir la implementación de programas de mejoramiento genético. Como ya se expresó la variabilidad en las características es la materia prima para los mejoradores y en ovejas y cabras hay gran variabilidad hasta el momento. Es esencial para la adaptación a las condiciones socioeconómicas y ambientales cambiantes, incluido el cambio climático y fundamental para la producción agrícola sostenible.



La diversidad genética en el mundo animal existe a tres niveles: Entre especies, entre razas dentro de especies y entre individuos dentro de razas. Esta diversidad es la que sostiene la capacidad de los sistemas de producción de responder a un amplio rango global de ambientes físicos y

económicos (Gea, 2005). Se cree que cerca del 50% de la variabilidad en una especie existe entre las razas, mientras que el 50% restante está dentro de las razas, pero esto es difícil de verificar para afirmarlo (Scherf, 2000. Reportado por Galal, 2005).

Según datos de la FAO, la población de cabras es de aproximadamente 710 millones de animales distribuidas en 570 razas, y la de ovinos de unos 1060 millones de animales con 1314 razas (Galal, 2005).

Sin embargo, la variabilidad de razas podría ser mayor teniendo en cuenta que la mayor cantidad de las ovejas y cabras se encuentran en países en desarrollo, países donde se pueden presentar diferencias entre el reconocimiento de razas entre los pobladores locales y la comunidad científica, y probablemente al incorporar el conocimiento indígena en la documentación científica, la lista de razas o líneas reconocidas se aumente significativamente (Rollefson, 2000)

La diversidad genética de los animales, es el producto de las condiciones ambientales locales combinadas con las estrategias de cría de las comunidades tradicionales. La biodiversidad intraespecie resulta de la acción de las diferentes comunidades manejando su ganado en muchos diferentes habitats y nichos ecológicos y manipulando su composición genética de acuerdo con las necesidades específicas del ambiente, de su sistema de producción y de sus propias preferencias y objetivos de cría (**Rollefson. 2000**).



El cañón de Chicamocha, un ejemplo de un área de difícil aprovechamiento para la producción de alimento y donde se ha desarrollado la producción de caprinos.

Es una creencia común que el ganado desarrollado en los países en desarrollo solo ha sido formado por el medio ambiente, sin la intervención humana. Sin embargo, prueba de la intervención humana en la formación de las razas productivas desarrolladas sin planes formales de mejora, se obtienen de la recopilación del conocimiento indígena por ejemplo:

- Las sociedades tradicionales tienen objetivos de cría más amplios, que sistemas de producción intensivos, teniendo en cuenta varios aspectos diferentes al nivel productivo en sus animales, como preferencias estéticas (color o distribución de colores), aspectos religiosos, características comportamentales (docilidad e instinto materno). Además, tienen en cuenta otros aspectos de principal importancia en su sistema de producción como la abolición de riesgos, teniendo en cuenta la capacidad de resistir a las condiciones climáticas (**Rollefson. 2000**).
- También es común que manejen estrategias de reproducción, como usar machos de la comunidad con características que consideran adecuadas, para reducir la

consanguinidad, que descarten hembras con rasgos indeseables como indocilidad, además de prácticas como la castración de machos que se consideran no aptos para la reproducción (Rollefson. 2000).



La diversidad de los recursos animales en los sistemas de producción es esencial para satisfacer las necesidades humanas básicas de alimentos y medios de vida. Las ovejas y cabras contribuyen a las necesidades humanas proporcionando carne, leche y productos lácteos, fibras, estiércol como fertilizante y combustible, fuerza de arrastre y bienes comercializables, entre otros. La diversidad genética

define no solo la producción y los rasgos funcionales de las razas animales, sino también la capacidad para adaptarse a entornos con diferentes condiciones como la disponibilidad de alimentos y de agua, el clima, las plagas y las enfermedades. La diversidad de estos recursos y la adaptabilidad consiguiente de las especies y las razas a condiciones extremas de sequía, humedad, frío y calor posibilitan la existencia de medios de vida para el hombre en algunas de las zonas menos hospitalarias de la Tierra (FAO, 2007).

A causa del ritmo de los cambios económicos, la diversidad de las razas de animales domésticos está decreciendo rápidamente y hay una gran preocupación porque la “erosión genética” pueda debilitar la capacidad de los animales de granja de responder a las necesidades futuras, particularmente en los países en desarrollo. Por lo tanto, existe una creciente necesidad de documentar los recursos genéticos actuales y desarrollar estrategias para su conservación y desarrollo (Cunningham, 1995 reportado por Gea, 2005).

6. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO EN OVEJAS Y CABRAS

La mejora de la producción en explotaciones o poblaciones de ovejas y cabras puede ser el resultado de mejoras en condiciones de manejo y alimentación, mejoramiento genético con el uso de animales genéticamente superiores. El mejoramiento genético resulta en efectos pequeños pero acumulativos, haciendo de esta alternativa una poderosa forma de aumentar la eficiencia de la producción animal.

El diseño y la implementación de programas de mejora para ovejas y cabras deben basarse en el balance inteligente de la aplicación de principios genéticos y la consideración de problemas prácticos. Muchas soluciones a los problemas prácticos pueden ser encontradas en experiencias de otros programas y fundamentalmente pueden surgir de la participación activa de los propios productores participantes (Muller 2006).

A pesar del gran número e importancia de las ovejas y cabras en los trópicos, la información sobre estrategias de mejoramiento genético sostenibles son muy escasas. (Kosgey et al. 2006).

La razón por la cual se observan relativamente pocos programas de mejoramiento genético formal puede deberse a que los ovinos y los caprinos se ubican mayoritariamente en los países en desarrollo (65 y 96%, respectivamente) en general, criados por pequeños productores en áreas marginales con recursos muy limitados para el desarrollo de estos programas y con una gran variedad de objetivos (Muller 2006).



Se diferencian dos escenarios en los cuales las ovejas y las cabras tienen un papel principal: El primero, es el delimitado generalmente en países en desarrollo, donde son comunes sistemas de producción agropastorales asociados a cultivos y sistemas pastoriles extensivos o extractivos en ocasiones sin propiedad de la tierra y nómadas, donde se encuentran la mayoría de ovejas y cabra del mundo, pero con los menores índices productivos. Sin embargo, juegan



un papel fundamental en el aprovechamiento de las áreas, el mantenimiento cultural, en la economía, el bienestar y la seguridad de supervivencia de las poblaciones sobretodo rurales e indígenas. En estos sistemas es de mayor importancia la disminución de los riesgos que el incremento en la producción.

En el otro escenario se encuentran sistemas productivos generalmente localizados en países desarrollados donde las ovejas y cabras son un reglón productivo importante, frecuentemente nutriendo un sector agroindustrial fortalecido o mercados internacionales con buenos precios a productos y subproductos, sistemas donde la tendencia mundial es hacia la intensificación y especialización. Así, sistemas de producción de lana se intensifican hacia la producción de carne y sistemas de carne se intensifican hacia la producción de leche para queso. Sistemas de carne utilizan razas cada vez más especializadas en conformación y prolificidad y sistemas de lana utilizan genotipos productores de lanas más finas o de fibras especiales. Para los sistemas de leche también se acentúa el uso de razas especializadas. Incluso existen nichos para la producción de cuero con razas de ovinos y ciertos caprinos (Muller 2006).

Ambos escenarios necesitan del desarrollo e implementación de programas de mejoramiento pero requieren diferentes enfoques delimitados por sus objetivos.

El desarrollo de programas de mejoramiento genético, implica dos actividades principales: Primero la generación de mejora genética por la selección de los animales con base en los valores fenotípicos para características relevantes, y segundo la diseminación de estos animales mejorados a la población comercial.

Convencionalmente se han considerado tres vías para el mejoramiento genético de los animales, la selección entre razas, el cruzamiento y la selección dentro de una raza. (Kosgey et al, 2006). Para que cualquiera de estas estrategias sea efectiva, es importante tener una clara visión de que rasgos son importantes en las ovejas y cabras para el ambiente particular que se está considerando (Carles, 1983; Sölkner et al., 1998. Reportados por. Kosgey et al 2006).

Consecuentemente, es lógico primero escoger la raza o cruce más apropiado y entonces considerar la estrategia o estrategias de mejoramiento a utilizar, ya sea mediante el remplazo total de una raza por otra, el aprovechamiento del vigor híbrido y las estrategias de complementación en cruzamiento planificado, la absorción progresiva de una raza por otra y el aprovechamiento de la variabilidad genética por la selección dentro de raza.



Caprino santandereano, (raza local adaptada)

En general, ya existe un genotipo “local” y la decisión más bien es si mantener, reemplazar o absorber ese genotipo local. La experiencia indica que muchos productores y técnicos ven en el cambio del genotipo la solución a problemas de productividad, sin considerar que el genotipo local suele ser el mejor adaptado al sistema de producción vigente (el sistema de producción incluye

el mercado al cual se destinan los productos). Además hay que tener en cuenta que cuando se requiere reemplazar machos y hembras, la estrategia es muy costosa y no siempre es posible reemplazar todos los animales y en la práctica la absorción lleva a un cambio más gradual y frecuentemente solo involucra el uso de machos y/o semen (cuando la inseminación artificial es posible) de la nueva raza.

Un cambio drástico en el genotipo en general, también implica la necesidad de un cambio drástico en el ambiente productivo, es decir, el sistema de producción, el mercado, etc. Las propuestas de reemplazo o modificación de genotipos existentes deberían estar precedidas por un exhaustivo análisis de sus consecuencias biológicas y socioeconómicas en el sistema de producción. En términos generales debe primar el concepto de intentar primero mejorar el genotipo disponible, aún cuando sea no definido ó criollo, antes de promover su reemplazo por otro.



Ovíno Criollo Colombiano, desarrollado en el trópico de altura del país

En los trópicos, programas de sustitución de razas locales por exóticas y de cruzamiento con estas razas, se han usado ampliamente, pero invariablemente han tenido malos resultados o se han convertido en programas insostenibles en el largo plazo. Esto se debe a la incompatibilidad de los genotipos con los objetivos de cría y las

condiciones de manejo de los sistemas de producción tradicionales de bajos ingresos, prevalentes en estas áreas. (Rewe et al., 2002; Wollny et al., 2002; Ayalew et al., 2003 Reportados por. Kosgey et al 2006).

Por otro lado, la selección dentro de raza o línea, como una estrategia de mejoramiento genético, para incrementar la media del mérito genético en la población. Esta estrategia puede resultar en un rápido cambio genético cuando hay grandes diferencias genéticas dentro de las razas (poblaciones) en las características de importancia (Simm et al., 1996 Reportado por Kosgey et al 2006) y puede ser una opción viable para la selección en las razas adaptadas locales en el trópico (Kosgey et al 2006). El cambio genético por selección dentro de raza está entre 0.5 al 3% por año (Smith, 1984), aunque parece ser pequeño, es acumulativo y permanente.

Sin embargo, los métodos de mejoramiento en pequeños rumiantes para pequeños productores en los trópicos son limitados por: Las pequeñas poblaciones de animales, la presencia de un solo macho en los rebaños o apriscos, la falta de identificación, inadecuados registros de producción y pedigrí, alto analfabetismo, y deficiencias organizacionales. (Turner, 1977; Kiwuwa, 1992; Jaitner et al., 2001; Wollny et al., 2002), y la situación es más difícil en sistemas pastoriles nómadas, donde no existe la infraestructura necesaria para la toma de datos productivos, y los sistemas de monta no permiten el registro de pedigrí.

Los pasos involucrados en el diseño e implementación de programas de cría incluyen (croston y pollot, 1985; Bakery gray, 2003, Manrique 2005):

1. Un buen entendimiento de los sistemas de producción y la importancia relativa de los diferentes limitantes en estos sistemas
2. Una clara definición de los objetivos de cría soportados por los criadores
3. Métodos precisos para identificar los genotipos superiores
4. La selección de los individuos superiores
5. Esquemas prácticos para permitir que el material genético superior sea usado ventajosamente

6.1. Definición de los objetivos de un programa de mejoramiento genético

En todo programa de mejora genética, tanto a nivel nacional como de una finca en concreto, el primer paso es la formulación de los objetivos de selección. La definición del objetivo de mejoramiento es el primer paso en un programa de mejora porque si el objetivo es confuso o erróneo toda eficiencia en los pasos siguientes solo permitiría llegar más rápido a un lugar equivocado (Muller 2006).

El objetivo de mejoramiento genético es la meta, el norte que el productor quiere alcanzar mediante la vía genética, este objetivo de mejoramiento o de selección, debe estar en concordancia con el objetivo de producción.

La diferencia entre el objetivo de selección y el de producción es que el sistema de producción sólo usa la selección de reproductores para alcanzarlo, mientras que un productor comercial utiliza diversas estrategias para lograr este fin: selección, nutrición, manejo, etc.

El objetivo de mejoramiento debe tener en cuenta todas las características relevantes del animal (producción, reproducción, aptitud, y características de salud) y asignar un valor a cada característica. La importancia económica de cada rasgo depende primordialmente de las circunstancias de producción. Por ejemplo, en muchos sistemas tropicales de subsistencia, la supervivencia a los múltiples factores de estrés, (ej. Calor, enfermedad y pobre nutrición), son unos de los más importantes rasgos, mientras que el incremento del crecimiento son relativamente de bajo valor (upton, 1985). En sistemas de producción más intensivos, la productividad puede tomar una mayor prioridad.



Las cabras juegan un importante papel en la cultura wayúu de la guajira colombiana.

Fotografía de Iván Recalde Corra; www.nuestramirada.org

Desde el punto de vista productivo, se debe definir claramente qué se busca mejorar: el biotipo del animal, lo producido por el animal (carne, leche, lana, etc), mejorar una de esas características o el conjunto de ellas y/o mejorar los subproductos generados (quesos, lácteos, jamones) (Manrique, 2005).

En los sistemas de producción tradicionales tropicales hay que considerar los beneficios intangibles de la producción, que son importantes razones por las cuales los productores tienen a sus animales. Ven a sus animales como un ahorro, como un seguro para épocas difíciles y como un símbolo de prestigio, asimismo en ciertas comunidades

rurales e indígenas, los animales domésticos suelen desempeñar funciones importantes en los mitos, las culturas, las religiones, las tradiciones y las prácticas sociales. Además, de los propios animales, los alimentos de origen animal poseen importantes funciones socioeconómicas y culturales en muchas sociedades, además de desempeñar funciones relevantes en la nutrición y las dietas (FAO, 2007).

Para definir el objetivo, previamente se deben describir y especificar los sistemas de producción y comercialización utilizados. La caracterización de estos sistemas consiste en la descripción de cómo los animales son manejados y alimentados, la estructura de edad de la explotación, el peso y grado de terminación al sacrificio, etc.

Para esto es recomendable:

Confeccionar una lista de las actividades que se realizan en el sistema de producción, identificando aquellas que afectan sus costos e ingresos.

A partir de esta lista, identificar las características de los animales que en términos cuantitativos y cualitativos afecten la eficiencia de la producción.

Una vez identificadas las características de interés se les asigna un valor económico relativo.

Denominamos $y_1, y_2...y_m$ a las características; y $a_1, a_2...a_m$ a los respectivos valores económicos. Entonces el modelo que describe un objetivo de mejoramiento con “m” características es:

$$O = a_1 \cdot y_1 + a_2 \cdot y_2 + a_m \cdot y_m$$

Los valores económicos se refieren al cambio en el valor económico de un animal con el cambio de una unidad (kilogramos, cabritos, etc.) de las respectivas características.

Hay que tener en cuenta qué programas de mejora con objetivos múltiples son más complejos y al mismo tiempo menos efectivos en sus resultados.

Para conseguir la sostenibilidad a largo plazo de los programas de selección, se requiere una evaluación regular de los cambios genéticos así como ajustes en los objetivos de selección.

6.2. Establecimiento de criterios de selección

Los criterios de selección son las características a considerar en un animal para su selección o rechazo (Muller 2001). Es la variable medida en los animales, utilizada para categorizarlos y seleccionarlos.

Preferiblemente deben medirse las mismas características consideradas en el objetivo de selección aunque esto no es indispensable, a veces no es posible y otras veces no es lo más eficiente.

Si no es posible medir la característica considerada en el objetivo, es necesario que la característica que se utilice tenga una alta correlación con el valor fenotípico.

En términos generales, entre mayor diseminación vaya a tener un individuo como padre, mayor debe ser su exigencia de calidad y mayor la precisión con que esa calidad fue determinada.

El procedimiento más elemental para la selección de los animales es la inspección visual. Mediante este método se puede mejorar la calidad del rebaño o aprisco descartando los animales que presenten características indeseables.

Utilizando mediciones de los valores fenotípicos escogidos en los objetivos, la identificación genética de los animales en los diferentes sistemas productivos se hace a través de las predicciones genéticas de estos, para cada una de las características de interés, con el objetivo de encontrar los individuos genéticamente superiores para la o las características de interés.

Como ya se expresó, la información utilizada para seleccionar a los animales puede provenir de su propio valor fenotípico o del de sus familiares cercanos, se pueden usar predicciones genéticas basadas en diferentes fuentes de información para valorarlos: 1) **el valor genotípico individual**, 2) **selección por pedigree**, 3) **selección por parientes**, y 4) **prueba de progenie**.

Estos métodos pueden combinarse unos con otros para ayudar a maximizar el progreso genético.

Estas predicciones se realizan para calcular la Habilidad Predicha de Trasmisión (HPT o PTA por su sigla en inglés), como ocurre en caprinos, o Diferencia Esperada de Progenie (DEP o EPD por su sigla en inglés), como ocurre en ovinos (Manrique, 2005)(como se expresó anteriormente equivalen a la mitad del valor mejorante de un individuo).

6.3. Selección de los animales mejorantes

Definidos los objetivos del Programa de Mejoramiento Genético y evaluados los animales por las características de interés, se realiza la selección de los individuos a utilizar como reproductores, o sea como padres de la próxima generación.

La selección se puede realizar por una característica o por un grupo de ellas. La categorización no presenta problemas cuando la información se reduce a la medición de una sola variable, pero es más difícil cuando se tiene información sobre varias características.

Generalmente los productores están interesados en mejorar más de una característica en su rebaño o aprisco. Como es conocido, a medida que el número de características bajo selección se incrementan, la tasa de progreso en cada una de ellas declina. En consecuencia, es importante elegir cuidadosamente las características teniendo en cuenta que algunas características son económicamente más importantes que otras.

Hay disponibles tres técnicas de selección para múltiples características: **1) “selección en tándem”, 2) “niveles independientes de rechazo”, y 3) “índice de selección”.**

En la **selección en tándem** las características son seleccionadas una a la vez, una después de otra.

El método de **niveles independientes de rechazo** es una técnica basada sobre la idea de un estándar mínimo para cada característica. Se basa en categorizar a los animales para cada una de las variables y exigir que se cumplan niveles mínimos para cada variable. Si un animal no llega a este estándar en cualquiera de las características consideradas, se descarta, independiente de su mérito en otras características.

El **índice de selección** es esencialmente un tipo de puntaje matemático (ponderación) basado sobre el valor fenotípico, la heredabilidad, el valor económico de cada una de varias características y de la correlación genética entre las características consideradas para cada animal.

La selección por niveles independientes de rechazo es más efectiva que la selección en tándem, pero el índice de selección es el más efectivo de los tres métodos disponibles.

Unos índices muy comunes son los denominados Índices Tipo-Producción, que combinan las evaluaciones respectivas. Para caprinos, en el caso de Estados Unidos, la ponderación es de 2 para Producción y 1 para Tipo. En Canadá, la ponderación es 60% para producción y 40% para Tipo. El índice para tipo da los siguientes ponderantes: un 35% para sistema mamario, 23% para apariencia general, 15% para patas y manos, 15% para capacidad corporal y 12% para carácter lechero (Manrique, 2005).

En Estados Unidos se utiliza un índice económico llamado MILK-FAT-PROTEIN DOLLARS (**MFP\$**) el cual da una ponderación económica a cada componente de la siguiente manera:

$$\text{MFP\$} = \$0.031 (\text{HTP Leche}) + \$0.80 (\text{HTP Grasa}) + \$2.00 (\text{HTP Proteína})$$

Este índice se ha utilizado en la industria para valorar la mejora en la calidad de la leche (Manrique, 2005).

6.4. Diseminación del material genético superior

Una vez seleccionados los reproductores, se planean los apareamientos con el fin de buscar el mejor progreso genético y la menor consanguinidad posible.

Muchas poblaciones de rumiantes menores en el mundo carecen de estructura genética definida y formal. Es común que los machos sean animales nacidos en el propio campo y seleccionados como padre a temprana edad o que provengan del intercambio con otro productor o que sean de un productor que no ejecuta un programa de mejoramiento.

6.4.1. Estructura de núcleo en programas de mejoramiento genético

La estructura de núcleos puede justificarse con limitaciones de recursos económicos para incluir toda la población. En producciones a gran escala donde la población puede ser de millones de animales, como en Australia y Nueva Zelanda los costos de la identificación y registro de datos en toda la población limitan el desarrollo de programas usando toda la población. Por otro lado en sistemas con poblaciones pequeñas en número de los países en desarrollo, los recursos para el desarrollo de programas son muy limitados, razón por la cual es necesario optimizar su uso.

Es posible que el mejoramiento genético sea generado en una pequeña fracción de la población, (núcleo), mientras al mismo tiempo, se controla el pedigrí y la consanguinidad. Todos los registros y la evaluación genética se hacen en el núcleo y el registro no se hace necesario en el resto de la población. El progreso genético es diseminado a la población comercial a través del uso de machos y/o semen (donde la inseminación sea posible) provenientes del núcleo.

Una unidad de cría núcleo requiere la agregación de animales superiores con el más alto mérito genético de muchos orígenes, para formar los animales fundadores. Dependiendo de la complejidad y necesidades de los programas de mejoramiento, un esquema de núcleo puede tener diferente número de niveles (núcleo, multiplicador y comercial) y políticas de migración (abierto o cerrado).

Generalmente, se presenta un núcleo y un nivel multiplicador que producen machos para un nivel base de producciones comerciales, aunque también, se pueden encontrar sistemas con solo dos niveles que involucran una estación central de desarrollo (núcleo)

y los rebaños o apriscos de los productores (base). Los núcleos pueden ser abiertos o cerrados. En núcleos cerrados los animales de los niveles inferiores nunca regresan al núcleo, mientras en los núcleos abiertos, se permite que hembras (solamente) con alto valor fenotípico puedan migrar al núcleo como reproductoras. Algunos programas seleccionan solo machos mientras otros seleccionan hembras y machos.

Los núcleos abiertos tienen como ventajas que se disminuye la consanguinidad en los núcleos y que permiten que una mayor población sea objeto de selección, sin embargo necesita de mayor infraestructura y presupuesto para el registro productivo y de pedigrí en niveles inferiores.

Se pueden presentar sistemas con núcleo disperso, donde el núcleo no tiene una localización definida y están distribuidos geográficamente en los campos de varios productores. Estos sistemas son mucho más complejos ya que el esfuerzo de control de producción y genealogía debe ser realizado por muchos productores por lo menos en una parte de sus animales.

Un punto crucial para el éxito y la implementación del esquema de mejoramiento, en las circunstancias de pequeños productores y sistemas pastoriles, es la interacción entre el núcleo y los productores tanto en el sentido técnico como en el sentido socioeconómico y siempre tener en cuenta que los objetivos del núcleo impacten el esquema completo por lo que se busca que el núcleo se establezca con los objetivos de los productores.

El diseño del programa de cría dependerá de la región ecológica y del sistema productivo objetivo y tiene un impacto anticipado sobre los resultados. Por ejemplo, la selección de machos y hembras en un núcleo abierto generará un mayor progreso genético que la selección de solo machos.

Si los niveles inferiores que adquieren solo machos promedio del nivel superior, tendrán un retraso con respecto al nivel superior de dos generaciones (cerca de 7 años en ovejas y cabras) de respuesta a la selección (Bichard, 1971). Núcleos abiertos impulsan un mas rápido progreso y esto beneficia a todo el esquema ya que la base cambia tan rápido como el núcleo, cuando este trabaja sin problemas (Kinghorn, 2000).

La respuesta total en esquemas de núcleo abierto de dos niveles es 10 a 15% más rápido que en esquemas cerrados, cuando el diseño es óptimo desde el punto de vista genético (no económico), lo que implica que cerca del 10% de la población se encuentre en los núcleos y cerca del 50% de las hembras del núcleo provengan de la base. (James, 1977. Reportado por Kosgey et al 2006).

6.4.1.1. Problemas para el desarrollo de programas de mejora con estructura de núcleo en pequeños productores. (Kosgey y col. 2006).

Los principales problemas que enfrentan los programas de mejoramiento genético en los países en desarrollo en el trópico es cómo organizar efectivamente los esquemas de mejoramiento involucrando a los productores en los pueblos, cómo implementar registros y cómo monitorear el progreso. Además, se presenta una larga y complicada burocracia en la distribución de los animales mejorados.

Un aspecto clave a considerar es que a menos que se hagan consideraciones específicas los núcleos de animales bajo manejo institucional probablemente no reflejen las condiciones de manejo de las granjas comerciales, lo que lleva a la pérdida de oportunidades de selección en las condiciones de manejo prevalentes, produciendo genotipos mal adaptados a las condiciones locales de bajos insumos.

Para involucrar a los productores es recomendable respaldar el programa de cría con un servicio de extensión efectivo. El programa de selección estaría precedido de varios años de trabajo de extensión para entrenar a los productores y promover sus experiencias y habilidades en las técnicas de producción en la especie. (Yapi-Gnoar'e, 2000). Durante este periodo los productores harían conciencia de los beneficios derivados de la actividad de registro.

La entrega de los animales desde el núcleo a los productores que cooperan en el proyecto, frecuentemente, está sujeta al abuso por parte de los que tienen la autoridad o de los que manejan conexiones fuertes. Un sistema justo de distribución de los animales como está en la base del "que primero se arrodilla primero de confiesa", necesita ser acordado con antelación y ser reglamentado.

Cuando la infraestructura y los recursos lo permitan, granjas núcleo institucionales pueden ser ampliadas para producir más animales para cumplir con las demandas de los productores comerciales.

6.5. Claves de éxito en programas de mejoramiento en el trópico

6.5.1. Satisfacer las necesidades de los productores locales

El éxito de los programas de mejoramiento ha estado fuertemente determinado por la compatibilidad de los objetivos del proyecto, con los de los sistemas de producción y con los de productores locales. Para conseguir esto, es necesario el involucramiento de los productores en el diseño de los objetivos, teniendo en cuenta las circunstancias

económicas y sociales específicas inmediatas y en el largo tiempo, del grupo blanco, tanto como las limitantes ambientales.



Una evaluación rural participatoria es importante para el entendimiento de los sistemas productivos y de los rasgos que son importantes. También es importante contar con la participación de otros interesados (como productores de gran escala, gobierno y organizaciones para el desarrollo) y sus ideas incorporadas al programa, permitiendo resolver los conflictos de intereses entre los interesados.

Los programas deben ser compatibles con los aspectos socioculturales del productor y tener en cuenta también los beneficios intangibles que generalmente son muy importantes para los productores.

No olvidar que existen varios factores que evitan la adopción de innovaciones y la asistencia a los productores. Tecnologías relativamente complejas, costosas y que impliquen riesgo, presentan dificultades para su adopción y diseminación entre productores de bajos recursos. Además el bajo nivel educativo y la escases de mano de obra (y tiempo destinado a otras labores) se oponen a la adopción de nuevas tecnologías.

Los programas no se deben basar en excesivas donaciones, ya que una vez terminen el proyecto se queda sin recursos y colapsa. Se deben buscar estrategias fáciles de implementar y relativamente baratas.

6.5.2. Infraestructura

6.5.2.1. Incentivo al mercado

El mercado siempre será de interés a menos que los productos se consuman por las mismas familias. El mercado relacionado a las ovejas y cabras en los trópicos es heterogéneo, (ej. Carne, leche, abono, animales para sacrificio), la diversidad del mercado puede necesitar que los objetivos de cría, sean multipropósito, pero los



objetivos del programa serían orientados hacia el mercado y el mismo mercado puede ser un buen incentivo.

En la mayoría de las áreas tropicales los intermediarios controlan el mercado y explotan a los productores, pagándoles muy poco por sus animales y después vendiéndolos a precios mucho más altos. Formación de asociaciones de productores y mejoras en el mercado harían que los productores tengan mejores precios. Además es importante que se le genere valor a los animales mejorados y/o sus productos, para estimular su apreciación y atraer la demanda de otros productores y comerciantes.

6.5.2.2. Servicios de soporte

La provisión de servicios de extensión y veterinarios son prerrequisitos primordiales en el desarrollo de un programa de mejoramiento efectivo, pero a su vez, son una gran limitante en países en desarrollo. Las actividades de extensión y asistencia técnica, reducen el riesgo de presentación de enfermedades y crean conciencia del valor de los animales mejorados, lo que es importante para que no terminen vendidos para sacrificio y para concientizar sobre la necesidad de cooperación entre los productores debido a la dificultad de que el programa sea desarrollado individualmente por alguno de ellos.

La extensión comúnmente es un proceso débil, existen grandes diferencias sociales entre los profesionales y los productores que deben ser libradas por el mismo trabajo de extensión. Las necesidades de entrenamiento de los productores cambian en el curso del proyecto y esto debe ser adecuadamente identificado.

Para aumentar la competencia de los servicios de extensión, el programa debe ser monitoreado y evaluado, para ofrecer información acerca de las características de las razas, de los objetivos, de las prácticas de los productores y para encontrar soluciones a los problemas técnicos y sociales.

Los profesionales deben estar capacitados para determinar la dirección, el diseño e implementación de los programas de mejoramiento.

La disponibilidad de científicos nacionales más calificados, con el conocimiento de las situaciones locales, provee un soporte técnico que contribuiría positivamente a la realización de los esquemas de mejoramiento.

6.5.3. Disminución de la consanguinidad

En la mayoría de los pueblos, el cambio genético se hace a través del uso de uno o pocos machos y sin selección de las hembras. El riesgo de consanguinidad es más alto en las granja pequeñas con el uso de pocos machos. De este fenómeno los productores no son conscientes o no son capaces de controlarlo.

Aún, en situaciones de manejo o pastoreo comunal, hay una gran posibilidad que los machos dominantes consigan mas crías en la población y que sus crías machos continúen dominando la población (Nimbkar, 2000).

6.5.4. Conservación de la diversidad genética

Uno de los resultados colaterales de la selección dentro de raza es el mantenimiento de la biodiversidad. La biodiversidad es un requisito para la seguridad alimentaria y la estabilidad del medio ambiente.

A menos que los recursos genéticos sean conservados, los genotipos que tienen propiedades deseables únicas para la producción en un ambiente dado, no pueden estar disponibles para sostener la producción presente y futura (Gatenby, 1986; Anderson, 2003; Drucker and Scarpa, 2003), y La opción más viable para la conservación es a través de la utilización.

Debido a su mejor adaptación a las condiciones ambientales locales, el uso adecuado de las razas locales contribuye a mejorar la seguridad alimentaria y reduce la presión sobre el medio ambiente.

La utilización de razas locales ayudará a reducir los insumos externos en la alimentación y cuidado sanitario de los animales y puede incrementar el margen de rentabilidad de los pequeños productores. Debido a la vital y valiosa función de las razas locales en la ecología y economía de los países nativos, se debe contemplar el desarrollo de programas de cría que puedan asegurar su conservación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Allendorf FW y Luikart GL, 2007. Conservation and the genetics of populations. Blackwell Publishing.
2. Coronel, F.; Mendoza, J. 1990. Mejoramiento genético. 3. ed. Serie Apuntes de lanares y lanas. Montevideo. SUL. 1990. 48 p.
3. Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C. 2001. Introducción a la genética cuantitativa. Acribia S.A.,
4. FAO, 2007. La Situación De Los Recursos Zoogenéticos Mundiales Para La Alimentación Y La Agricultura. Comisión De Recursos Genéticos Para La Alimentación Y La Agricultura La Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. Roma, 2007.
5. Galal S. 2005. Biodiversity in goats. Small Ruminant Research 60. Pp. 7581.
6. Gea GS, Petryna AM, Mellano A, Bonvillani A y Turiello P. 2005, mejoramiento caprino, en el ganado caprino en la argentina, 1ª edición - Río Cuarto Edit. U.N.R.C. - I.S.B.N.: 950-665-338-0.
http://www.produccionbovina.com/produccion_caprina/ganado_caprino_en_argentina/00-ganado_caprino_en_argentina.htm.
7. Genghini R, Bonvillani A, Wittouck P, y Echevarría A. 2002. Introducción Al Mejoramiento Animal. Cursos de Introducción a la Producción Animal. FAV UNRC. www.produccion-animal.com.ar.
8. Hamilton MB. 2009. Population Genetics. Hoboken, NJ: Wiley/Blackwell.
9. Kosgey IS, Baker RL, Udod HJM, J.A.M. Arendonk JAM. 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. Small Ruminant Research 61. 1328.
10. Manrique C. 2005. Bases Para Un Programa De Mejoramiento Genético En Colombia. I Congreso Internacional Caprino Y Ovinos, Universidad Nacional De Colombia.
11. Montaldo HH, y Barría N. 1998. Mejoramiento Genético de Animales, ciencia al día. Septiembre, 1998 numero 2 volumen i.
12. Muller J. 2001. Los recursos genéticos caprinos locales y exóticos y su potencial. Trabajo presentado en el taller sobre metodologías de investigación para la producción de rumiantes menores en los valles interandinos de America del Sur. INTA Bariloche, Comunicación técnica PA N° 237
<http://www.inta.gov.ar/bariloche/ssd/nqn/data/genetica/Ct-237.pdf>
13. Muller J. 2006. Programas de mejoramiento genético de pequeños rumiantes. Comunicación técnica INTA Bariloche Nro. PA 491 2006.
14. Rollefson IK. 2000. Management of Animal Genetic Diversity at Community Level. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
<http://www.ilri.org/html/koehl.pdf>