

UNIDAD TEMÁTICA 2: MEJORAMIENTO GENÉTICO ANIMAL

Capítulo I: Generalidades

Tema 1: Mejoramiento genético. Introducción. Conceptos generales. Importancia para el veterinario. Evolución del MGA.

Tema 2: Herramientas básicas: selección y apareamientos. Modelo básico y revisión conceptual: caracteres, fenotipo, genotipo, ambiente. Estructura de la mejora animal.

Tema 1

INTRODUCCIÓN

Mejoramiento genético animal (MGA). Conceptos generales.

Las siguientes tres definiciones explican este concepto.

- ~ Consiste en aplicar principios de biología, estadística, matemática y economía, con el fin de encontrar estrategias óptimas de aprovechamiento de la variación genética existente en las distintas especies de animales, para maximizar su mérito.
- ~ Conjunto de procesos que buscan aumentar la frecuencia de los genes o de combinaciones genéticas deseables en una población.
- ~ Aplicación de los principios de genética (mendeliana, cuantitativa, molecular) en el sentido de seleccionar y utilizar los animales que mejor sirven a los objetivos del criador - eficiencia productiva, cualidades de los productos, trabajo, bienestar animal, ocio, etc.

Evolución de los métodos de mejoramiento (MGA).

1. Etapa empírica

El primer acto de mejora genética se produjo en el Neolítico cuando el hombre cazador y recolector decidió convertirse en granjero sedentario criando a sus propios animales y vegetales sin tener que buscarlos en la naturaleza.

En ese momento surgió el lento proceso de la **domesticación**, entendiendo como tal “el cambio genético producido sobre las poblaciones domésticas hasta diferenciarlas significativamente de sus congéneres salvajes”, resultando alteraciones profundas en la fisiología y morfología en las diferentes especies domésticas, ilustradas por la enorme diversidad entre las razas presentes hoy en día. Esta diferenciación progresiva llegó hasta niveles extremos en los que se produjo una separación reproductiva completa, con el establecimiento de razas tan disímiles como las bovinas Aberdeen Angus y Piamontesa a partir de una raza ancestral común, las razas Merino y Lincoln que producen tipos de lanas tan diferentes, y razas equinas tan distintas como el Percherón (tiro) y el Pura Sangre de Carrera (velocidad).

Por supuesto estos cambios genéticos se basaron en el más estricto empirismo, ya que todo se apoyó en la observación del parecido entre parientes, que llevó a que se elijan como reproductores a aquellos animales que ofrecieron un mayor ajuste a los requerimientos del mundo doméstico (mayor producción, docilidad, etc.).

En la segunda mitad del siglo XVIII, un criador inglés Robert Bakewell, comenzó a aplicar en forma sistemática la selección de sus animales (bovinos Longhorn y ovinos Leicester), por lo que se lo reconocería como fundador del MGA moderno. Sus principios se basaban en la adquisición de los mejores animales de otros productores, llevar registros, utilización de la consanguinidad y de apareamientos preferenciales, así como el alquiler de machos. Esto último, era esencialmente un test de progenie en el que Bakewell cedía por un año sus carneros a otros criadores y, de acuerdo a los resultados de los descendientes, volvía o no a utilizar como

reproductor al carnero alquilado. El éxito de Bakewell llevó a que otros criadores fueran a “practicar” con él, y posteriormente aplicasen los mismos principios, siendo a partir de aquí que se diferenciaron y establecieron las primeras razas europeas.

2. Etapa Mendeliana

Los principios científicos de la genética solo serían establecidos a finales del siglo XIX por los trabajos experimentales de Gregor Mendel y los principios evolucionistas propuestos por Charles Darwin, aunque no fue hasta el redescubrimiento de las leyes de Mendel, en los albores del siglo XX cuando los científicos contaron con los fundamentos necesarios para conocer la explicación de aquel parecido entre los parientes.

En ese momento se considera que nació la Ciencia Genética, la cual ofreció la posibilidad de modificar racionalmente las características de las poblaciones domésticas, aunque solo aquellas de naturaleza cualitativa, que seguía con fidelidad los postulados de Mendel, estudiándolos a nivel individual.

3. Etapa estadística, cuantitativa, de poblaciones.

Los caracteres cuantitativos o métricos, que no permitían una observación directa de los genotipos al no corresponderse con una relación causa-efecto con los fenotipos, debido a que estos estaban codificados por múltiples loci que actuaban desde distintos tipos de acciones génicas.

Para el mejoramiento de éstos se hizo necesaria una relación entre la Genética y la Estadística fundándose especialidades como la **Genética Cuantitativa** que se encarga del estudio del comportamiento genético de este tipo de caracteres (cuantitativos o métricos), y la **Genética de Poblaciones**, la cual estudia la dinámica genética a nivel de las poblaciones y no a nivel individual como hace el Mendelismo. En ese momento se puede considerar que se entró en una etapa estadística de la MGA, en la cual aún nos encontramos.

Thomas Morgan propuso la teoría cromosómica de la herencia, y Francis Galton y Karl Pearson establecieron las bases de la biometría. Se generó en ese entonces una controversia entre los puntos de vista mendelianos y biométricos, las que fueron resueltas con los trabajos de Sir Donald Fisher en el Reino Unido y de Sewall Wright en los Estados Unidos. A Fisher se deben los análisis de varianza y de máxima verosimilitud; Wright por su lado, desarrolló conceptos como el de consanguinidad, el tamaño efectivo de población, etc. En los años 30 los seleccionadores de maíz comenzaron a desarrollar líneas de maíz híbrido, cuyos resultados espectaculares influenciaron la estrategia de cruzamiento en las especies pecuarias.

En 1937, Jay Lush publica el libro “Animal Breeding Plans”, que, basándose en parte de los principios desarrollados por Fisher y Wright, establece las bases científicas del MGA. Además del impacto acentuado conseguido por ésta publicación, seguida por “The Genetics of Populations”, Lush tuvo una actividad docente notable en la Iowa State University, habiendo directa o indirectamente contribuido a la formación de la mayoría de los genetistas animales del siglo XX.

Entre algunos de sus colaboradores y alumnos se destacan por sus contribuciones nombres como los de: Lenoy Hazel, Gordon Dickerson y Charles Henderson. A este último y su escuela se debe el desenvolvimiento de la aplicación “best linear unbiased prediction”, que se tornó la metodología estándar de evaluación genética en prácticamente todos los esquemas de selección. En Europa es justo destacar el trabajo desplegado por el grupo de Alan Robertson que tuvo contribuciones importantes en las más diversas áreas del mejoramiento animal.

Apuntando esencialmente a la defensa de la “pureza racial”, los primeros libros genealógicos fueron establecidos en Inglaterra a finales del siglo XVIII, (“Pura Sangre Inglés” en 1791, “Shorthorn” en 1822 y “Hereford” en 1846, etc.). Con todo, progresivamente se reconoció que muchas veces los pedigrís contienen nada más que el nombre y el número de los ascendientes. Para que tengan utilidad es necesario buscar alguna otra fuente de información, para saber si esos ascendientes eran buenos o malos. El reconocimiento de la necesidad de recoger información productiva con vistas a la selección llevó a que en 1895 el control lechero de los bovinos tuviese inicio en Dinamarca; para la especie porcina los criadores del mismo país fueron también pioneros con el control de performance en 1907. Además de las acciones referidas, el desarrollo en las tecnologías reproductivas, inicialmente en la inseminación artificial (1940), y más recientemente la transferencia de embriones, permitieron avances notables en la eficiencia del proceso selectivo.

4. Etapa molecular (biotecnológica)

El descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick en 1953, abrió perspectivas totalmente nuevas en cuanto hace posible la utilización de la manipulación genética directa en el MGA. Permitiendo el avance de la genética molecular, ofreciendo la posibilidad de establecer ciertas pautas de manipulación de los genotipos apoyándose en los aportes especialmente de la reproducción asistida. De esta forma la ingeniería genética y la biotecnología están abriendo una nueva puerta para la mejora, la cual hace poco tiempo solo permitía observar genes cualitativos de efecto claro, y que hoy se centra en la utilización de marcadores ligados a los genes cuantitativos de acción mayor, en lo que se llama la localización de QTL (Quantitative Trait Loci) para la selección asistida por marcadores (MAS).

Después de un período inicial de optimismo, tal vez exagerado, sólo en los años 80 fueron producidos los primeros animales transgénicos y la clonación se tornaba una práctica corriente. Sin embargo, no se cree que la ingeniería genética pueda sustituir a los métodos de selección establecidos en los animales, siendo más razonable esperar que las dos áreas (molecular y cuantitativa) puedan ser complementarias.

Tema 2

HERRAMIENTAS BÁSICAS: SELECCIÓN Y APAREAMIENTOS

Hay dos preguntas fundamentales que nos hacemos en la mejora animal. La primera es cuál es el “mejor” animal; por ejemplo, la mejor vaca lechera es aquella que da la mayor cantidad de leche, o aquella con mejores aplomos, conformación de los miembros y ligamentos mamarios; o la que combina la performance de estos caracteres de manera óptima. Estos son temas de intenso debate, y en realidad, nadie tiene todas las respuestas. Sin embargo, la pregunta es muy importante porque las respuestas a dicha pregunta determinan la dirección del cambio genético para los productores particulares, razas y especies enteras.

“Mejor” es un término relativo. No existe un “animal mejor” en todas las situaciones. El tipo de animal útil en un ambiente puede ser muy diferente del animal óptimo bajo otras circunstancias. Se requiere un conocimiento detallado de los caracteres de importancia y de cómo la performance de los animales (rendimiento) en estos caracteres interactúa con factores como el ambiente físico, el manejo, los costos y los precios. Estos factores varían entre especies y razas, y también dependen de la estructura de la industria productora y del lugar que ocupa un determinado productor en esta estructura.

La segunda pregunta es cómo criar animales de manera que sus descendientes sean, sino “los mejores”, al menos mejores que los actuales. Es decir, cómo se mejoran genéticamente las poblaciones de animales.

El propósito del mejoramiento animal no es solamente mejorar genéticamente a los *individuos*, sino mejorar *poblaciones* animales, más concretamente generaciones futuras. Con este objetivo utilizamos dos **herramientas básicas: selección y apareamiento**.

Ambas involucran toma de decisiones. En la selección, decidimos qué individuos se convierten en padres, cuántos hijos podrían producir, y cuánto tiempo permanecerán en la población de reproducción. En el apareamiento, decidimos cuales de los machos que hemos seleccionado serán apareados con cuáles hembras de las que hemos seleccionado.

En el contexto de MGA, **población** es un grupo de individuos en reproducción. El término puede referirse a una raza, una especie entera, un simple rebaño o majada o incluso un pequeño grupo de animales dentro del rebaño.

Antes de referirnos a estas herramientas en profundidad debemos revisar algunos conceptos.

MODELO BÁSICO

El **fenotipo** de un individuo es determinado por su **genotipo** y el **ambiente** en que se desenvuelve. Esta ecuación define la base de la herencia.

Matemáticamente,

$$\mathbf{P = G + E}$$

Dónde:

P representa el **fenotipo** de un individuo

G representa su **genotipo**

E representa los **efectos ambientales**, efectos que los factores externos (no genéticos) tienen en la performance del animal

CARÁCTER O RASGO

Usualmente caracterizamos los animales en términos de apariencia o performance (rendimiento, desempeño, producción) o por una combinación de ambos. En cualquier caso, hablamos de caracteres.

Un **carácter** es cualquier característica observable o medible de cualquier individuo.

Algunos ejemplos de caracteres observables, aquellos que normalmente mencionaríamos al describir la apariencia de un animal, son el color de la capa, tamaño, musculatura, conformación de los miembros, la forma de la cabeza, etc.

Algunos ejemplos de caracteres medibles, aquellos caracteres a los cuales nos referiríamos al describir la performance de un animal, son la ganancia de peso vivo, el rendimiento de leche para elaborar quesos, la velocidad de equinos de carrera, etc.

Caracteres de herencia simple y poligénica

Para diferenciar estos tipos de caracteres debemos tener en cuenta dos aspectos, uno que es el principal y otros que son secundarios.

En los caracteres de **herencia simple** el *aspecto principal* es que los mismos son afectados sólo por unos pocos genes de gran efecto. Un solo locus o como mucho unos cuantos loci están

involucrados en su expresión. Los fenotipos de estos caracteres son claramente discernibles; el color del manto, la presencia de cuernos y defectos genéticos como el síndrome araña en las ovejas son ejemplos de caracteres de herencia simple.

Hay dos *características secundarias* de los caracteres de herencia simple.

1. Los fenotipos para estos caracteres tienden a ser, por naturaleza “unos u otros”, categóricos (establecen categorías) o cualitativos. Un equino es negro, alazán o zaino, una vaca es mocha o astada, un cordero tiene la condición de araña o no.

Es posible (aunque raro) que los caracteres de herencia simple sean cuantitativos, que tengan fenotipos que son medidos con números que oscilan más o menos continuamente de valores grandes a intermedios o pequeños. Por ejemplo, el peso corporal cuando es afectado por el gen para el enanismo. El carácter es medido en kilos de peso, pero es de herencia simple.

2. Los caracteres de herencia simple son muy poco afectados por el ambiente. Si un equino alazán pasa mucho tiempo en el sol su color de manto se va a aclarar, pero todavía se lo va a poder distinguir de uno negro o zaino. Su genotipo es claramente alazán ($E^eE^e/A-A$).

En los **caracteres poligénicos** el *aspecto principal* es que son afectados por muchos genes, se asumen que están determinados por genes de efecto infinitesimal (cantidad infinitamente pequeña) cada uno de ellos. Ejemplos de caracteres poligénicos incluyen la tasa de crecimiento, la producción de leche, y velocidad de un equino. Se sabe poco sobre genes específicos que afecten estos caracteres y solo podemos concluir que hay muchos de ellos.

Hay dos *características secundarias* de los caracteres de herencia poligénica.

1. La expresión es típicamente cuantitativa y en general existe un espectro continuo que impide distinguir las diferentes clases. Los fenotipos para caracteres poligénicos son usualmente descritos por números. Hablamos de 200 kg de peso al destete de un ternero, 15.000 kg de leche por lactancia de una vaca, y 20 segundos para correr un cuarto de milla (300 m). En vez de ser uno u otro por naturaleza, o bien, que caigan en categorías distintivas como lo hacen los fenotipos para caracteres de herencia simple, los fenotipos para caracteres poligénicos son típicamente cuantitativos o continuos en su expresión. La mayoría (pero no todos) los caracteres poligénicos son entonces caracteres cuantitativos.

Sin embargo, hay algunos que se expresan en forma de “unos u otros”, categóricos (establecen categorías) o cualitativos, éstos se denominan **caracteres umbral**. Por ejemplo, en el carácter llamado distocia o dificultad al parto, los fenotipos a menudo caen en dos categorías: parto asistido o no asistido. Debido a la naturaleza de estos fenotipos, se podría asumir que la distocia es un carácter de herencia simple. Sin embargo, es poligénico porque es afectado por numerosos loci. Muchos genes afectan el tamaño del feto (o los fetos), el tamaño del área pélvica de la madre, su perseverancia durante el parto, etc. Otro ejemplo es la fertilidad como una medida del éxito o falla en la concepción (preñada o vacía).

2. Los caracteres poligénicos son claramente afectados por el ambiente. Si a las vacas, cerdos u ovejas se les restringe el alimento, crecen más lentamente y producen menos leche. Si los caballos no son entrenados, no correrán rápido. Estos son ejemplos de efectos ambientales.

Debemos tratar de no clasificar un carácter como de herencia simple o poligénica en base a características secundarias solamente. Lo importante de recordar al decidir si un carácter es de herencia simple o poligénica es que las características secundarias no deberían ser un factor determinante, sino la cantidad de genes involucrados.

A menudo se confunden los términos “de herencia simple” con “cualitativo” y “poligénico” con “cuantitativo”. No son sinónimos. La mayoría de los caracteres de herencia simple son cualitativos, y la mayoría de los caracteres poligénicos son cuantitativos.

~ **Herencia Simple vs. Poligénica**
 Se refiere a como se hereda el carácter

~ **Cualitativo vs. Cuantitativo**
 Se refiere a como se expresa el carácter

En general los caracteres poligénicos son más importantes en las especies productoras de alimento y fibra (tasa de crecimiento, fertilidad, producción de leche, etc.), los que determinan productividad y rentabilidad. Esto también sucede en especies recreacionales y de compañía. Por ejemplo, la velocidad y resistencia, caracteres importantes para animales de carrera, son poligénicos – no hay un “gen de velocidad” o un “gen de resistencia”.

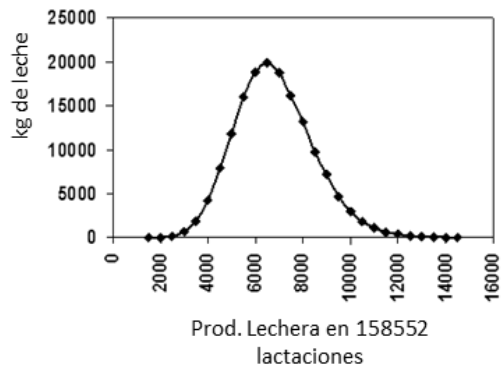
Sin embargo, hay instancias donde los caracteres de herencia simple asumen importancia económica. Algunos mercados son sensibles al color del manto y plumas. En las poblaciones de ganado donde el alelo para mocho es raro, los animales mochos pueden ser particularmente valiosos. Y los animales con defectos genéticos heredados de manera simple son inevitablemente menos valiosos. Sin embargo, en general los caracteres de herencia simple son menos importantes que los caracteres poligénicos. Por lo tanto, en esta unidad temática se hace énfasis en los caracteres poligénicos.

En la mayoría de las características con las que trabajamos en MGA la distribución es normal o próxima a la normalidad. Este es el caso, por ejemplo, de la producción de leche en bovinos, la altura a la cruz en caballos, el peso al destete en caprinos, el peso del vellón en ovinos o el espesor de la grasa dorsal en porcinos.

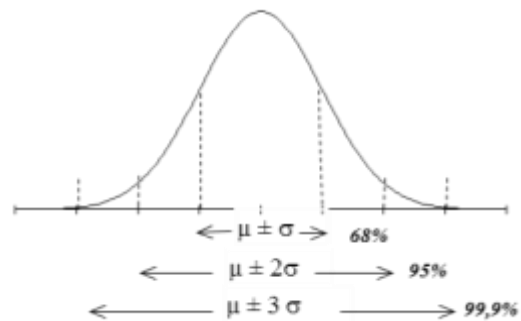
En un contexto estadístico los caracteres se denominan **variables**, debido a que los valores que toman están sujetos a variación en las poblaciones.

El hecho de que la distribución sea normal significa que el carácter en cuestión puede tomar cualquier valor siguiendo una distribución de acuerdo a la curva de Gauss, que es simétrica y en la que los valores próximos al centro son más frecuentes y los valores extremos son progresivamente más raros.

A modo de ejemplo, en la siguiente figura se muestra la distribución de frecuencias de la producción diaria de leche en un grupo de vacas lecheras, que presenta una distribución próxima a la normal.



Una característica muy útil de la distribución normal es que, sabiendo cuál es la media y el desvío estándar, es relativamente fácil establecer la proporción de observaciones que se encuentran en diferentes intervalos alrededor de la media, como se muestra en el siguiente gráfico.



Otros caracteres presentan una distribución que es casi continua, próxima a la normal, como, por ejemplo, el caso de prolificidad en porcinos. En este caso, las observaciones solo pueden tomar valores enteros (por ejemplo, una cerda tiene 11 lechones) pero suficientemente próximo a la normalidad, por lo que son abordados como si su distribución fuese normal.



Un último grupo de caracteres, representan una distribución que es discontinua y corresponde a un caso particular de distribución binomial en que solo existen dos respuestas posibles (0 ó 1; sí o no). Por ejemplo, el tipo de respuesta que podemos encontrar si estudiamos: la frecuencia de animales con cuernos en un apareamiento entre individuos F1 resultantes del cruzamiento entre bovinos de las razas Aberdeen Angus (mocho) y Hereford (astado); o bien, el porcentaje de vacas paridas en un rodeo bovino.

En los dos casos descriptos, la respuesta observada obedece a una distribución discontinua, definida por la proporción "p" de animales con cuernos o de vacas paridas, respectivamente. Sin embargo, los genes subyacentes que afectan a cada uno de los dos ejemplos son bastantes diferentes, ya que en el caso de los animales con o sin cuernos admitimos la existencia de un gen simple con segregación mendeliana, y por lo tanto la expresión es tratada como una característica de herencia simple.

Por otro lado, en el caso de las vacas paridas/no paridas admitimos que, subyacente a la expresión fenotípica de la ocurrencia de un parto, existe una distribución normal que traduce la aptitud de la vaca para ser fértil y producir una cría, que presumiblemente tendrá influencia de un gran número de genes y de influencias ambientales. En estas circunstancias, los animales con aptitud superior a determinado *umbral* van a parir, y los que tienen aptitud inferior a ese umbral no van a parir. Este modelo, conocido como modelo umbral, se utiliza para analizar datos con expresiones discontinuas.

Características comunes a caracteres de herencia simple y poligénica.

~ Los genes que afectan a ambos tipos están sujetos al mismo mecanismo mendeliano, las leyes de Mendel de segregación y distribución independiente, la dominancia y epistasis, se aplica a los genes que influyen a ambos tipos de caracteres. Es cierto que muchos de los ejemplos prácticos utilizados para ilustrar el mecanismo de Mendel involucran caracteres de herencia simple. Esto es solo porque los genes que afectan estos caracteres son bien conocidos ya que hay pocos de ellos. Debido a que son muchos los genes que afectan los caracteres poligénicos, y a que el efecto de cada gen es tan pequeño, sabemos poco y nada sobre ellos por lo cual, es difícil utilizar caracteres poligénicos como ejemplos de la herencia mendeliana.

~ Secundariamente, las herramientas básicas del mejoramiento animal son las mismas para ambos tipos caracteres.

- Cuando se selecciona para cualquiera de los dos tipos de caracteres, se trata de aumentar las frecuencias de los alelos favorables. Al seleccionar solamente animales mochos de un rodeo donde hay mochos y astados va a aumentar la frecuencia para el alelo mocho en el

rodeo. Igualmente, cuando se selecciona para área de ojo de bife (una medida de la musculatura) en una piara va a aumentar la frecuencia de los genes distribuidos entre muchos loci, que influyen favorablemente la musculatura. En el primer ejemplo, se seleccionó para un carácter de herencia simple, y en el segundo ejemplo para un carácter poligénico, pero el efecto en las frecuencias génicas fue el mismo.

– Los sistemas de apareamiento, afectan las combinaciones de genes de la misma manera para caracteres de herencia simple y poligénicos. Cuando un criador de caballo cruza alazanes (CC) y cremellos o crema ($C^{cr}C^{cr}$) para producir palominos (CC^{cr}), la frecuencia genotípica de los heterocigotas en el locus C aumenta. Igualmente, cuando los criadores cruzan líneas no emparentadas o crían para producir vigor híbrido, la heterocigosis aumenta en muchos loci. Ya sea que los criadores hagan apareamientos específicos para afectar caracteres de herencia simple como el color del manto o cruzamientos para afectar al conjunto de caracteres poligénicos que responden al vigor híbrido, están usando los sistemas de apareamiento para crear combinaciones de genes deseables.

FENOTIPO

Las categorías observables o niveles medibles de performance para los diferentes caracteres en un individuo es el **Fenotipo**. Llamamos fenotipo a la expresión de un carácter determinado genéticamente, al menos en parte. Existen tantos fenotipos como caracteres a observar o medir en un animal, como se puede ver en los ejemplos de la siguiente tabla.

Ejemplos de caracteres y fenotipos.

Carácter	Fenotipos posibles
Presencia de cuernos	astado, mocho, descornado
Altura a la cruz en bovinos	1,20m, 1,25m
Peso al año en bovinos	386 kg, 556 kg
Color del huevo	Blanco, marrón
Tiempo en correr un cuarto de milla	19,3", 20,3"
Facilidad de parto	Asistido, no asistido
Tamaño de camada en porcinos	5, 11, 14 lechones

Desde el punto de vista del mejoramiento animal, queremos conocer no solamente los fenotipos más deseables, sino también los genotipos más deseables, ya que este provee el soporte genético para los fenotipos de los animales.

El fenotipo de un individuo es determinado por su genotipo y el ambiente en que se desenvuelve.

GENOTIPO

La palabra **genotipo** se utiliza de diferentes formas. Se puede hablar del genotipo del animal en general, refiriéndonos a **todos los genes y sus combinaciones** que afectan la matriz de los caracteres de interés, por ejemplo "un *genotipo adaptado al trópico*".

En este caso, el genotipo incluye todos los *genes y sus combinaciones* que afectan la resistencia al calor, a los parásitos, y cualquier otro carácter que interviene en la adaptación al trópico. Animales con *genotipos similares* se dice que son del mismo **biotipo**. Esto no significa que sean genéticamente idénticos, son solamente más parecidos que animales de diferente biotipo.

También podemos hablar del **genotipo de un animal para un carácter en particular**, refiriéndonos solo a los genes o sus combinaciones, que afectan a ese carácter (ej. resistencia al calor).

En cualquier caso, el genotipo *de los descendientes* de nuestros animales es el que podemos cambiar con los métodos de mejoramiento. Cambios favorables en los genotipos resultan en fenotipos mejorados.

AMBIENTE

Es la combinación de todos los factores o influencias no genéticas, que pueden afectar la expresión fenotípica de los genes. Es condicionante de dicha expresión, por lo tanto, el genotipo de un animal no se expresará en su totalidad sino que se verá modificado por el ambiente.

ESTRUCTURA DE LA MEJORA

El “mejor animal” depende de la estructura de las poblaciones animales y el lugar que el criador ocupa en esa estructura. En la mayoría consta de varios subgrupos que se denominan estratos, el núcleo, es estrato multiplicador y el comercial. En ocasiones hay solo dos, el núcleo y estrato comercial, y a veces hay más de tres (más de un estrato multiplicador y/o supernúcleo). Independientemente del número de estratos la estructura básica es prácticamente la misma y se representa comúnmente mediante la forma de una pirámide.

La pirámide sugiere un flujo de germoplasma (material genético en forma de animales en pie, semen o embriones) de arriba hacia abajo, los **criadores de elite** producen los animales más avanzados, también denominado núcleo y está formado por poblaciones que generalmente se mantienen utilizando sus propios reproductores, en otros casos pueden importar ocasionalmente un macho o una hembra de otra población núcleo (cabañas padres o elite).

El **estrato multiplicador** (cabañas multiplicadoras) recibe machos y a veces hembras generalmente de una sola población núcleo con el fin de reproducir esos animales (machos y a veces hembras) para satisfacer las demandas del estrato comercial.

El **estrato comercial** o de “usuarios finales” se favorecen con el mejoramiento genético que ocurre en los niveles superiores.

Idealmente, los criadores en cada nivel tratan de producir animales que serán demandados por sus clientes en el nivel inmediato inferior, con el resultado de que el mejor animal es aquel más útil o rentable para el usuario final. En consecuencia, criadores en todos los niveles “moldean” sus objetivos de producción para satisfacer las necesidades de los usuarios finales.

En las especies tradicionales (ovinos, bovinos, porcinos y aves de corral), los usuarios finales son los productores comerciales, cuyos productos primarios son materia prima para consumo público (leche, carne, lana, huevos, entre otros). Como resultado, los productores comerciales tienen relativamente pocas restricciones en su elección de los animales para cría, no necesitan ser de raza pura o registrado en asociaciones, son libres de elegir entre las diferentes razas y de aparear hembras de una raza con machos de otra. Estos son de hecho criadores que aparean animales para producir descendencia, pero no están en el negocio de venta de reproductores. Los reproductores son animales cuyo rol es ser padre (tanto machos como hembras), es decir, aportar genes a la próxima generación.

En las especies productoras de alimento y fibra tradicionales, productores de reproductores (cabañeros) son aquellos que están en los niveles de elite y de multiplicación. Históricamente

éstos han sido criadores de pura raza, pero en las especies como la porcina y aviar hay un número creciente de reproductores que utilizan híbridos comerciales (no de raza pura).

El objetivo de los productores del núcleo y los multiplicadores (cabañeros) es producir los reproductores que necesitan los del estrato comercial, a través de la venta de machos, hembras, embriones y semen con destino a la reproducción, por lo tanto, es importante que aquellos definan que es lo “mejor”; deben producir los animales que mejor se adapten al ambiente, estrategias de manejo y condiciones económicas del sector comercial, quienes finalmente los usarán como reproductor.

Los cabañeros deben ofrecer diferentes tipos de reproductores a los productores comerciales, según sus necesidades. Por ejemplo, los productores comerciales de ganado vacuno pueden requerir toros que no causen problemas al parto para ser utilizados con las vaquillonas, pero a la vez, toros que produzcan una descendencia de crecimiento rápido y con características carniceras. Mediante la adaptación de sus programas de mejora, los cabañeros pueden producir reproductores especiales para satisfacer diferentes nichos de mercado.

Cuando la distinción entre criadores de elite/multiplicadores y productores comerciales parece poco clara, recordar esto: los primeros venden animales (también semen o embriones) a otros criadores y los productores comerciales venden animales o productos animales para el consumo.



La cría de especies animales de esparcimiento y de compañía (caballos, perros, gatos, etc.) difieren un poco en la estructura poblacional de las del ganado tradicional. La estructura piramidal está presente, y existen mercados para algunos tipos especiales de animales, pero la división reproductores/productor comercial está menos clara, y los usuarios finales pueden no ser criadores en absoluto, por ejemplo, en perros los usuarios finales son cazadores y/o dueños de mascotas. Estas personas pueden elegir si reproducir o no sus animales, y las cualidades importantes para ellos son aquellas que contribuyen a la habilidad de recuperación de la presa, compañerismo, estética o una combinación de estos caracteres. Entre los criadores de perros hay criadores de elite y multiplicadores, pero el término “productor comercial” realmente no se ajusta aquí, porque ninguna materia prima consumible como carne, huevos, leche o lana está siendo producida. La variada producción de caballos posee ejemplos similares, los usuarios finales oscilan de los más valiosos animales hasta los más comunes, hasta aquellos que poseen caballos en miniatura como mascotas.