

MEJORAMIENTO GENETICO ANIMAL (MGA)

El MGA es la aplicación de la genética a la mejora del rendimiento y calidad de los productos de la crianza de animales.

El objetivo principal es **identificar prototipos genéticos animales cuyas descendencias aporten a una > eficiencia de los sistemas de producción**. Esto implica identificar los reproductores con mayor mérito genético para transmitir un comportamiento productivo superior a la descendencia.

Raza: conjunto de individuos emparentados en algún grado que comparten el "estandar racial" (conjunto de **caracteres cualitativos y cuantitativos de alta h²**). El "estandar racial" está fuertemente definido por caracteres cualitativos siendo los cuantitativos de alta heredabilidad sólo de carácter complementario. Los individuos de una raza presentan fijación completa de caracteres. Se confeccionan para c/animal rigurosos **Registros de pedigree**. Para que un animal sea formalmente considerado como perteneciente a una raza en las sociedades de criadores de animales se exige **pureza racial**: en general sólo se aceptan descendientes de padre y madre c/registro.

Dos herramientas fundamentales del MGA son: la **selección y los sistemas de apareamiento**

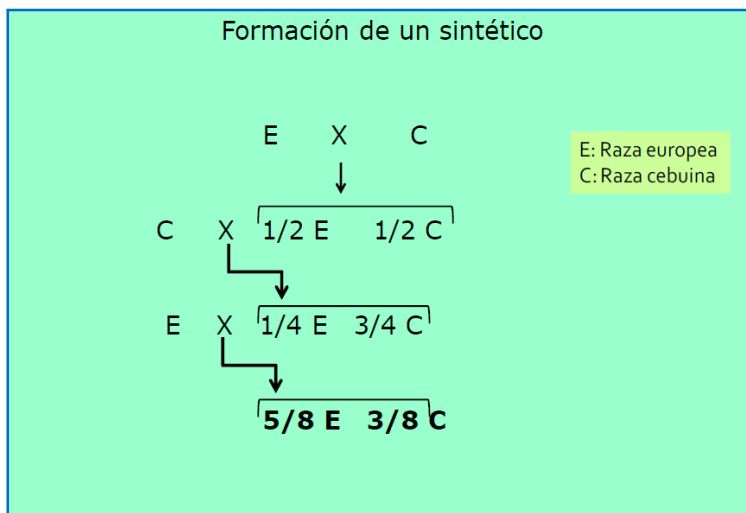
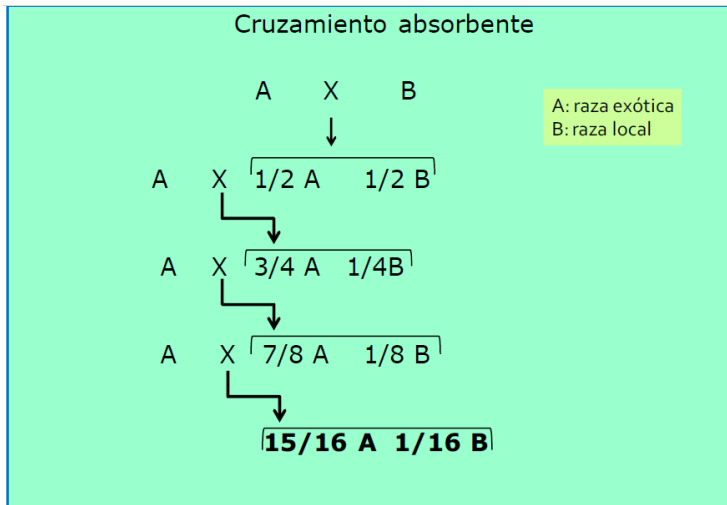
- **selección:** cuáles individuos tienen el **mérito** suficiente para dejar descendencia que signifique el logro de un avance genético. La eficiencia de la selección depende de la eficiencia de los métodos aplicados a la predicción del comportamiento de la descendencia de cada reproductor potencial

- **sistemas de apareamiento o cruzamiento**, los principales son:

- **Sustitución de poblaciones o cruzamientos absorbentes**. Ej. absorción de raza criolla por razas británicas.

- **Complementariedad:** cruzamientos complementario, formación de poblaciones base/sintética, selección simultánea de los caracteres complementarios, formación de nuevas razas

- **Explotación de la heterosis:** heterocigosis (+ complementariedad), si se utiliza F1 híbrida (costo de conservación poblaciones/razas parentales). Basada en efectos no aditivos de los genes.



Cruzamientos comerciales más utilizados

-**Sistemas F1:** $A \times B \longrightarrow AB$ (se repite la cruce en c/generación)

- **Sistemas fijos entre 3 razas:** $AB \times C \longrightarrow \frac{1}{2}C \quad \frac{1}{4}A \quad \frac{1}{4}B$
(utiliza la heterosis materna)

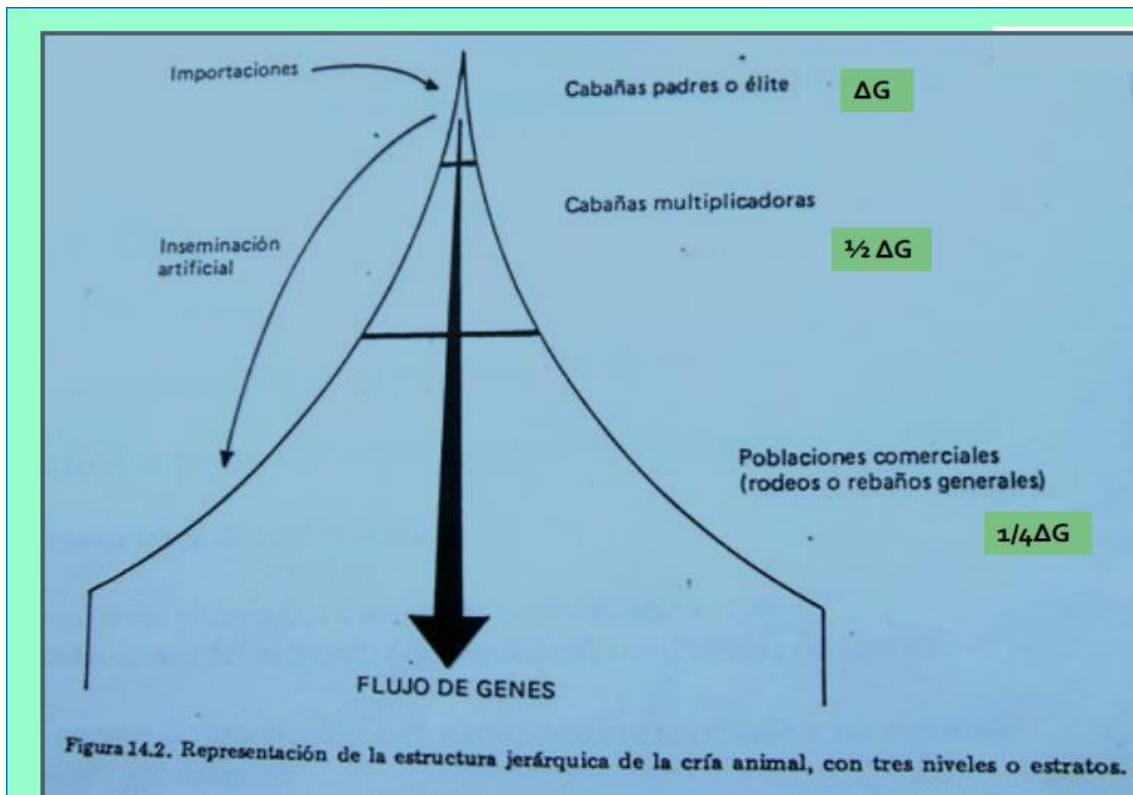
-**Sistemas fijos entre 4 razas:** $A \times B \longrightarrow AB \quad C \times D \longrightarrow CD$
 $AB \times CD \longrightarrow ABCD$
(utiliza la heterosis materna y paterna)

-**Sistemas rotativos con 2 razas (criss cross)**

(retrocruzas recíprocas) aprovecha la heterosis máxima de la 1ª generación luego se estabiliza.

Flujo de genes en la estructura del MGA

Estructura jerárquica: el progreso en la población depende estrictamente del progreso en las cabañas. Flujo de genes desde las cabañas a las poblaciones comerciales



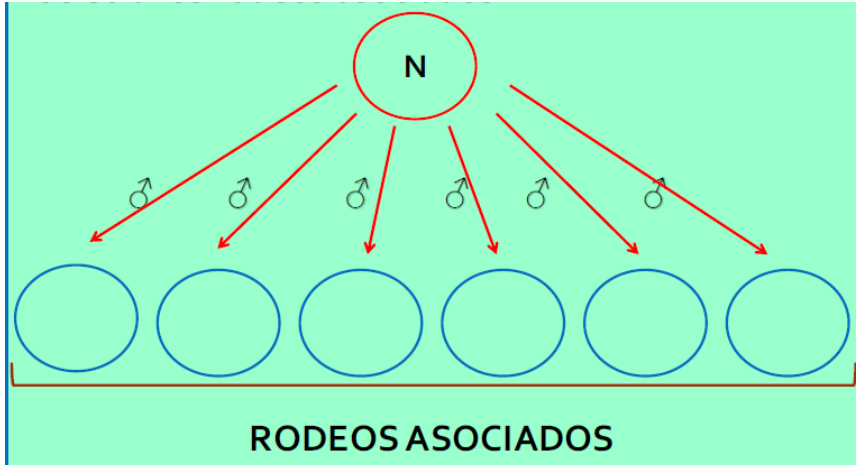
Superioridad genética de las cabañas élite: $2 \Delta G$ de las cabañas. Multiplicadoras; $4 \Delta G$ de las poblaciones comerciales. Dicho de otra forma, de la superioridad de genética (ΔG) lograda en las cabañas se transmitirá $\frac{1}{2} \Delta G$ a las cabañas multiplicadoras y $\frac{1}{4} \Delta G$ a los rodeos comerciales. **El uso de la inseminación artificial elimina el estrato intermedio**, con las consecuentes ventajas en tiempo y eficiencia.

Núcleos de selección (núcleos cooperativos)

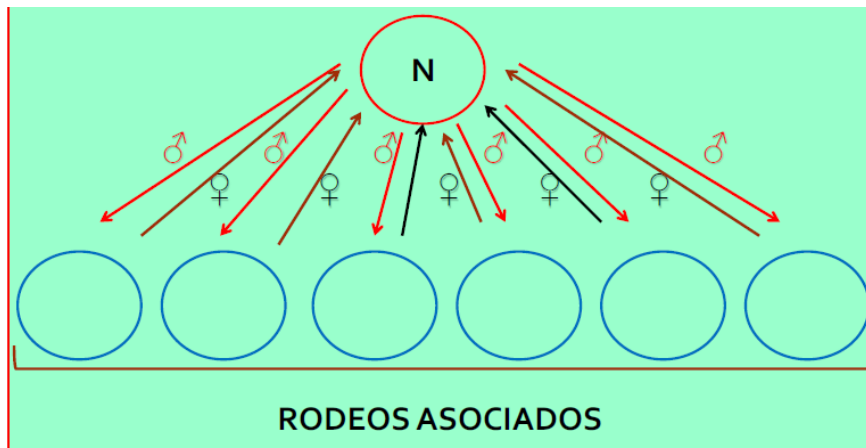
El MGA se desarrolla en un **sistema cooperativo** Rodeo central o núcleo es donde se hace la MG (reemplaza a la cabaña) produce padres para reemplazo propio y rodeos asociados. Un ej. ovejas Merino Australiano Ventaja: Permite a pequeños productores el acceso a la mejora genética.

Dos tipos:

- **Núcleo cerrado:** el flujo génico es en un único sentido (del núcleo hacia los rodeos asociados) mediante la transferencia de machos desde el núcleo a los rodeos asociados



- **Núcleo abierto:** el flujo génico es en doble sentido (del núcleo hacia los rodeos asociados mediante la transferencia de machos y de los rodeos asociados al núcleo mediante la transferencia de hembras para reposición). La ventaja con respecto a los núcleos cerrados es que se disminuye la tasa de consanguinidad en un 50%.



Consanguinidad

Resulta de la endogamia (apareamiento de individuos más emparentados que el promedio de la población)

Se mide por el **coeficiente de endocría F** $F = \sum (1/2)n (1 + FA)] 0 \leq F \leq 1$

La consanguinidad en animales produce depresión por endocria por lo cual se deben descartar muchos individuos Se utiliza para fijar caracteres en la búsqueda de prototipos superiores (ej. caballos de carrera) aunque debe ser manejada hasta cierto límite. No conviene en rodeos comerciales.

Efecto de la consanguinidad en bovinos


Carácter	Depresión consanguínea
Crecimiento	5%
Producción lechera	3%
Terneros nacidos	3%
Terneros destetados	10%


Control de producción: medición objetiva de la producción animal

- evaluaciones de rendimiento
- evaluaciones de calidad
- caracteres vinculados a aspectos socio-económicos
- preferencias del mercado (ej. mediciones indirectas de grasa)

El control de producción está generalmente asociado a un riguroso registro genealógico que dará información sobre el pedigree del individuo que se evalúa y sus parientes (colaterales y ascendientes) cuyos valores de producción serán utilizados para predecir el mérito del individuo como potencial reproductor.

Información de control de producción + información del pedigree son valiosas para definir el mérito de un potencial reproductor utilizando la información de parientes ascendientes y colaterales



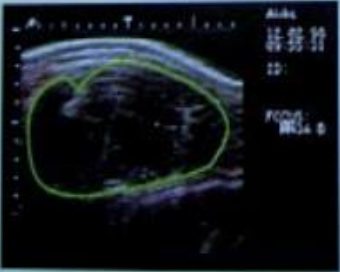


Sistema Homologado

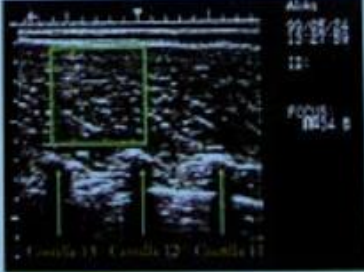
1 Area usada para calcular el área del ojo de bife y el espesor de grasa corporal.

2 Area usada para calcular el porcentaje de grasa intramuscular.


3 Area donde se mide el espesor de grasa de cadera.



1 Imagen transversal del músculo dorsal largo.



2 Imagen longitudinal de las costillas 12 y 13.



3 Imagen de cobertura de grasa de la grupa.

Así mediante la realización de ecografías y el análisis de imágenes se puede evaluar por ejemplo el área de ojo de bife, el espesor de la grasa corporal, el % de grasa intramuscular, espesor de grasa de la cadera, etc.. Esta herramienta contribuye a una la selección más eficiente y oportuna. Además del control de producción y la información **del pedigree** es fundamental la determinación de parámetros genéticos para el rodeo en estudio y para el/los caracteres de interés (**h², correlaciones genéticas que usaremos para aplicar selección indirecta cuando sea necesario, etc**).

La tasa de progreso genético en un hato o rodeo depende de:

- La heredabilidad.
- El diferencial de selección.
- El intervalo generacional.

El diferencial de selección (DS) depende de:

- 1- El rango de variación dentro del rebaño, del carácter en cuestión.

2- La proporción de animales que se necesitan para la reproducción, lo que determinará la intensidad de selección.

Intervalo entre generaciones Se denomina así a la velocidad con que se sustituyen las generaciones. Es la edad promedio de los padres cuando nacen los hijos, por lo que depende de la edad a la que se destinan por primera vez los animales a la reproducción

$$\Delta G \text{ anual} = \frac{h^2 \times D S}{IG}$$

Por ej. en cabras si seleccionáramos animales con peso al nacimiento 1 Kg mayor que el promedio de la población si se ha determinado que h^2 para el carácter es de 0,25 y que el intervalo de generaciones es de 4 años:

$$\Delta G \text{ anual} = \frac{0.25 \times 1.0}{4} = 0,06$$

Por lo tanto, cada generación pesará al nacimiento 60 gramos más que la anterior.
Caracteres de alta heredabilidad, grandes diferenciales de selección y cortos intervalos entre generaciones maximizan la respuesta a la selección.

Heredabilidades en ganado Angus. Fuente: Breedplan

Largo de la gestación: ----- 20 %

Facilidad de parto: ----- 10 %

Peso de nacimiento: ----- 39 %

Peso a los 200 días: ----- 18 %

Peso a los 400 días: ----- 25 %

Peso a los 600 días: ----- 31 %

Peso de la vaca adulta: ----- 41 %

Peso de la carcasa: ----- 36 %

Grasa en la cadera: ----- 28 %

Area del ojo de bife: ----- 23 %

Rendimiento: ----- 36 %

Grasa intramuscular: ----- 22 %

Tamaño escrotal: ----- 42 %

Días a la parición: ----- 8 %

Producción de leche: ----- 10 %

Sistemas de selección para más de un carácter

- **Selección en tanden:** se alternan las generaciones de selección por uno y otro carácter
- **Selección por niveles independientes de rechazo:** se establece un valor mínimo para cada carácter. Se seleccionan los individuos que superan ambos umbrales
- **Indices de selección:** Se genera una ecuación básica que interpreta los criterios de selección e información disponible (peso económico de los caracteres, heredabilidades, información del pedigree, etc).

Existen programas estadísticos diseñados para esto. Se usa más en la mejora animal que en la vegetal.

Metodología de evaluación del mérito genético de potenciales reproductores. Eficiencia de la selección

Valor de cría/valor reproductivo/"breedingvalue" (VC)

Valor de cría estimado (VCE)

Diferencia estimada en las progenies (DEP)

Efecto medio de un gen: es un concepto teórico definido como la desviación media, con respecto a la media de la población, de las progenies que recibieron dicho gen de un progenitor apareado al azar con individuos de la población. Es muy difícil de medir ya que se basa en el valor genotípico

El valor reproductivo o valor de cría (VC) o "breedingvalue" (BV), es el valor de un individuo determinado por el valor medio de su descendencia producto de su apareamiento al azar con algunos individuos de la población. Se cuantifica como el doble de la desviación media de las progenies (el individuo transmite $\frac{1}{2}$ de sus genes a la descendencia y el otro $\frac{1}{2}$ proviene al azar de la población) con respecto a la media de la población.

VC = 2 (media progenies – media población)

Revisión conceptual:

El genotipo es un arreglo o combinación particular de genes que posee un individuo
El genotipo confiere cierto valor al individuo y el ambiente causa desviaciones de este valor

$$F = G + E + (G \times E)$$

$$G = A + D + I$$

Se transmiten los genes no los genotipos.

El VC de un individuo es un componente de su valor genotípico tal que:

$$G = VC + D + I$$

D = desvíos por dominancia

I = desvíos por interacción génica

Si $D = 0$ e $I = 0$ es $G = VC$ Entonces VC (cuando es medido) representa los efectos aditivos de los genes

$$VF = VA + VD + VI + VE + V(G \times E)$$

Así, VF = varianza de los valores fenotípicos

VA = varianza del VC VD = varianza de la desviación por dominancia

VI = varianza de la desviación por interacción

VE = varianza de la desviación por el ambiente

$V(G \times E)$ = varianza de la desviación por la interacción $G \times E$

Para evaluar el mérito de los parentales y decidir sobre su selección se realiza una **predicción del Valor de cría**, o sea se determina el valor de cría esperado (**VCE**) de cada individuo. A partir del VCE se determina la **diferencia estimada o esperada de las progenies (DEP)**

$$DEP = \frac{1}{2} VCE$$

Se establece una referencia, por ej la media de la población base y se asume que es=0 (valor de referencia), así las DEPs (que miden los desvíos) presentarán valores positivos o negativos Si consideramos dos toros (A y B), suponiendo que la DEP estimada para el peso al destete en el toro A = +15 Kg mientras que la DEP estimada para toro B = +5 Kg También suponiendo que el promedio de los pesos al destete de las crías de un toro promedio ($DEP = 0$) es de 200 Kg. Si un criador o productor comercial seleccionara el Toro A para servir una muestra de sus vientres, y el Toro B para servir otra muestra, ambas muestras de similar mérito genético, el

productor podría esperar que las crías del toro A pesen al destete $(200 + 15) = 215$ Kg. en promedio, mientras que el promedio de las crías del Toro B pesará $(200 + 5) = 205$ Kg. La elección del Toro A implicará 10 kg más al destete con el consecuente beneficio económico.

DEPs de importancia económica en ganado para carne

Peso al nacer: vinculado a la facilidad de parto

Peso a los 200 días: indica potencial de crecimiento hasta el destete (influencia materna).

Producción de leche: se mide en de Kg de carne que producirá el ternero, como consecuencia del aporte de leche materna.

Peso a los 400 días: (potencial de crecimiento desvinculado del efecto materno)

Peso a los 60 días: se relaciona con el peso de vaca adulta.

Circunferencia escrotal: medida a los 400 días es el mejor indicador de fertilidad

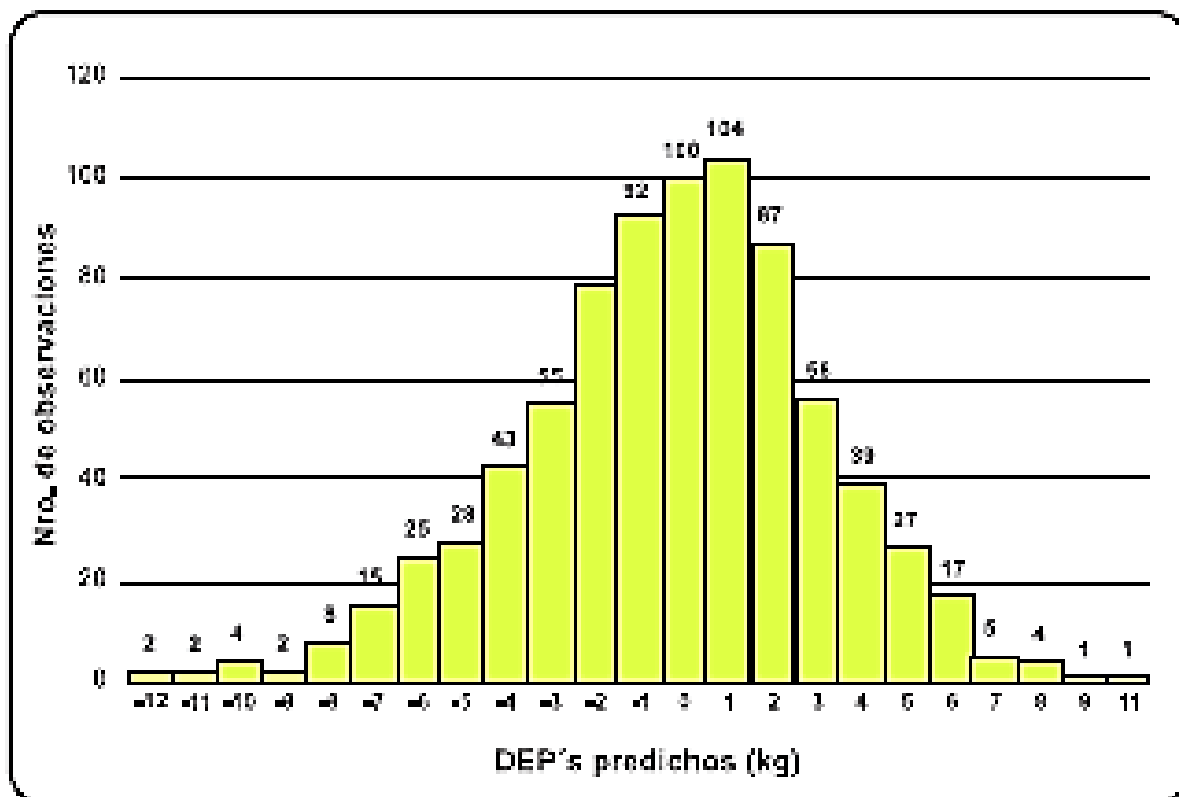
Peso de la vaca adulta: Peso moderado es deseable para reducir los costos de mantenimiento

Engrasamiento: Está íntimamente ligado con la fertilidad de las hembras. La grasa actúa como reserva corporal, permitiendo cumplir con las funciones reproductivas durante los períodos de stress, como sequías, inundaciones o sobrepastoreo

Area de ojo de bife: es un fiel indicador de la calidad carnicera de la res. Tiene correlación negativa con engrasamiento

Marmoleado: Es un indicador de la calidad de la carne de enorme relevancia en los mercados más exigentes

Rendimiento: estrechamente vinculado con el resultado económico de la res. Mayor musculatura produce mayor rendimiento.



Característica	Cantidad de Toros	Cantidad de Registros	Rangos de DEP	Unidad
Largo de Gestación	1.389	26.532	- 4.8 a + 6.3	Días
Peso al Nacer	2.656	126.798	- 3.1 a + 4.5	Kg
Peso al Destete	2.694	139.389	- 16.9 a + 28.9	Kg
Leche	2.694	139.389	- 10.7 a + 10.9	Kg
Peso Final	1.895	74.266	- 24.1 a + 45.7	Kg
Circunferencia Escrotal	1.271	25.992	- 2.4 a + 4.0	Cm
Altura	1.138	24.583	- 2.8 a + 4.7	Cm
Espesor de Grasa Dorsal	372	5.502	- 1.2 a + 1.7	Mm
Espesor de Grasa de Cadera	383	4.856	- 1.7 a + 1.9	Mm
Area de Ojo de Bife	408	5.546	- 5.8 a + 4.7	Cm ²
Porcentaje de Grasa Intramusc.	379	3.784	- 0.5 a + 0.7	%
Porcentaje de Cortes Minoristas	387	5.155	- 2.8 a + 2.0	%

*Fuente: Resumen de Padres Angus 2004

La selección de reproductores para obtener la generación siguiente es un paso fundamental. El objetivo de la selección es maximizar la ganancia genética mediante un correcto ordenamiento por mérito genético de los candidatos a

convertirse en reproductores. El MG necesita, a partir de la información fenotípica de un individuo y la de sus parientes, de un predictor del valor genético aditivo que se independice de los efectos ambientales. Es decir, un buen predictor del **mérito** de un reproductor para transmitir un comportamiento superior a la descendencia.

Principales alternativas metodológicas para determinar el mérito de potenciales reproductores

- información basada únicamente en **mediciones del fenotipo del individuo**
- basado en la información genealógica (utiliza la información de control de producción de parientes) y ponderación con factores que según el criterio de selección permiten la **construcción de un índice de selección**
- Basado en toda la información disponible: genealógica (ascendientes y colaterales), parámetros genéticos (ej h^2) y datos de control de producción con **independencia del ambiente**. Esto se resuelve con la **metodología "BLUP"** (mejor predicción insesgada).

Actualmente, la mejor herramienta metodológica para determinar el VCE es el **método BLUP**

En comparación con los índices de selección tradicionales, el BLUP permite una mejor corrección de los efectos ambientales, propiedad muy importante cuando se trata de caracteres muy influenciados por el ambiente como la **infiltración de grasa intramuscular o marmóreo**.

Los VCE se calculan con el método BLUP (mejor predicción lineal insesgada)

El BLUP permite calcular los VCE mediante un procedimiento estadístico desarrollado en un programa informático que incorpora al análisis información de control de producción del individuo de interés junto con los de ascendientes (padres, abuelos, tíos, bisabuelos, etc) y colaterales (hermanos, $\frac{1}{2}$ hermanos, primos hermanos, etc.) ponderados por su grado de parentesco con el individuo, separando las fuentes de variación genéticas de las ambientales. Esta separación de efectos genéticos de ambientales permite ampliar las comparaciones entre animales criados en diferentes ambientes (\neq rodeos, \neq años, \neq manejo). Este procedimiento está desarrollado en programas informáticos que constituyen una eficiente y poderosa herramienta para decidir sobre la selección de reproductores, que puede estar al alcance de los productores ganaderos dispuestos a invertir en un programa de mejoramiento genético de su rodeo diseñado con un especialista.

Permite obtener una predicción muy confiable del VC o sea el VCE de cada reproductor potencial de un rodeo.

Ventajas del método BLUP

- Mayor eficiencia en la selección

- Utiliza información de todos los parientes conocidos ascendientes y colaterales con lo cual asegura una predicción más exacta

- Permite comparaciones entre animales de \neq rodeos, \neq tiempo, \neq manejo (separa efectos genéticos de ambientales)

-Se han logrado grandes avances para productores e industria (ej. leche, huevos, cerdos, pollos)

-Permite reemplazar la estructura piramidal o jerárquica tradicional. Los animales superiores pueden ser elegidos en forma horizontal (en los rodeos de los productores).

-Disminuye el costo ecológico de la baja eficiencia de la selección que implica el mantenimiento prolongado en el tiempo de muchos animales promisorios

El BLUP es particularmente ventajoso en caracteres de baja heredabilidad, que se expresan en un único sexo (ej. producción de leche), o cuando se comparan animales de distinta edad en ambientes diferentes.

Sin embargo, a largo plazo y en relación al uso de índices de selección, la utilización del BLUP como método de selección, tiende a incrementar la consanguinidad y reducir la varianza genética aditiva.

El BREEDPLAN es un moderno sistema de evaluación genético para bovinos de carne. Usa la tecnología de la Mejor Predicción Linear Inssegada (**BLUP**) para producir los valores de cría estimados (EstimatedBreedingValues) para ganado abarcando un conjunto de caracteres importantes para la producción.

El BREEDPLAN ha sido implementado como el esquema nacional de registro de ganado de carne en Australia, Nueva Zelanda, Tailandia y Las Filipinas, y su uso está aumentando en Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Hungría, Sudáfrica y América del Sur (Argentina).

El Índice Pampa es una herramienta que permite realizar una verdadera selección balanceada. Nos permite balancear la cantidad de presión de selección que le aplicamos al crecimiento, la influencia materna, la carcasa y la fertilidad para obtener un rodeo más rentable en el largo plazo. Fué desarrollado con criadores de Angus en Argentina para un sistema de producción con reposición propia, que produce novillos de 400 y 500 Kg. a los 18 y 22 meses, en la región de la Pampa Húmeda.

La selección de reproductores es un paso fundamental. El objetivo de esta selección es maximizar la ganancia genética mediante un correcto ordenamiento por mérito genético de los candidatos a convertirse en reproductores.

Herramientas complementarias

- Selección asistida por marcadores moleculares
- Los sistemas de trazabilidad complementan la valoración
- Trazabilidad e identificación
- Identificación molecular (futuro)
- aplicación de biotecnologías reproductivas.

Ejemplos del avance de aplicaciones de herramientas biotecnológicas a nivel nacional:

- **“Pampero” el 1er ternero transgénico argentino** Obtenido en BioSidus. Es portador del transgen que produce la hormona de crecimiento humano (HCH). Sus hijas producirán leche con HCH Técnicas biotecnológicas involucradas
 - transgénesis
 - clonación
 - fertilización *in vitro*
 - trasplante embrionario
- **“Rosita”** una ternera clonada y transgénica que será capaz de producir “leche maternizada” cuando sea adulta. Es una creación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (**INTA**) y de la **Universidad Nacional de San Martín**. Aplicación comercial futura: “Tambos terapéuticos”

Bibliografía

- 1-Cardelino R. y Robira J. . 1987. Mejoramiento genético animal. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. ISBN 9974645547.
1- ISBN 9974645547
- 2- FalconerD.S.. 2001. Introducción a la Genética Cuantitativa. Editorial Acribia. ISBN: 978-84-200-0949-0. Zaragoza, España. 468pp.
- 3- Fries, R. y Ruvinsky, A. (Editores). 1999. Thegenetics of cattle. CAB International, Wallingford. ISBN 0-85199-258-7.
- 4- Mrode, R.A. 2005. Linear models for the prediction of animal breeding values. 2nd edition. CAB International. London. ISBN 0-85199-000-2