

CRUZAMIENTO DE BOVINOS LECHEROS

Alberto Valle*. 2007. FONAIAP, Estación Experimental del Estado Falcón, Coro, Venezuela.

*Investigador.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Genética bovinos lecheros](#)

INTRODUCCIÓN

Venezuela es un país tropical, donde gran parte de su territorio presenta altas temperaturas ambientales y humedades relativas; topografía irregular, escasa fertilidad del suelo y una precipitación muy variable. Bajo estas condiciones resulta desfavorable explotar razas lecheras importadas, debido a los trastornos fisiológicos de adaptación al clima tropical y como consecuencia de ello, la disminución en la producción de leche, retardo en el crecimiento, alteraciones en su ciclo reproductivo y, en general, un escaso retorno del capital invertido.

Las razas nativas o criollas, aunque bien adaptadas a estas condiciones tropicales, muestran poca precocidad y baja producción de leche, lo que las hace ser poco productiva. Pero constituyen un valioso material genético para la formación de rebaños lecheros para el trópico americano.

Desde el punto de vista zootécnico, el ganado criollo de Venezuela tiene su origen en diferentes razas ibéricas, entre las cuales podemos mencionar las siguientes: gallega, barranta, pirenaica, tudanca, andaluza y castellana, con especial énfasis en estas dos últimas, donde al transcurrir de los años fueron adquiriendo las características impuestas por el medio ambiente, donde por la actuación de la selección natural muchas generaciones la transformaron en un grupo étnico bien adaptado y que se reproduce con cierta facilidad.

Sin embargo, tanto las razas especializadas como las autóctonas representan separadamente una explotación poco rentable, por lo que se deben incrementar los niveles productivos de los bovinos bien adaptados a las condiciones tropicales, pero respetando en lo posible los principios fundamentales del mejoramiento genético.

PRINCIPIOS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO

El aumento en escala regional y/o nacional de la capacidad productiva de todo tipo de bovino deberá basarse, en la mayoría de los casos, en reproductores procreados por un escaso porcentaje del número total de bovinos del mismo tipo, dentro de un número relativamente pequeño de explotaciones.

Aceptado lo anterior, se debe reconocer que todo mejoramiento de la capacidad productiva del ganado, dependerá con el transcurrir del tiempo, de los continuos mejoramientos genéticos de los reproductores.

Además, la cría de los reproductores deberá estar dirigida al mejoramiento efectivo de la capacidad productiva, si se desea que los resultados de esa procreación beneficie a la industria lechera como actividad comercial.

Tendiendo en consideración estos principios, el aumento de la producción de leche en el trópico solamente puede efectuarse a través de tres métodos generales.

MÉTODOS GENERALES

1. Mejoramiento dentro de los tipos de bovinos ya existentes. Este método presenta la ventaja de aprovechar toda la adaptabilidad a las condiciones locales y evita los costos de selección e importación de bovinos de otras latitudes, con el riesgo de introducir enfermedades y problemas de adaptación. Su inconveniente lo representa un progreso genético muy lento.
2. Obtención de nuevos tipos utilizando animales de una raza, la cual ha sido mejorada únicamente hasta el grado necesario para lograr un animal más productivo. La ventaja es un rápido mejoramiento inicial, obtenido mediante inseminación artificial de un considerable número de vacas con semen de un reproductor valioso. La desventaja de este método consiste en problemas de adaptación y sus consecuencias.
3. Creación de un nuevo tipo de ganado, mediante el cruzamiento sistemático de dos tipos distintos para combinar características deseables. La ventaja está en asociar producción y adaptabilidad y su desventaja radica en que debe ser efectuado en gran escala si se desea obtener resultados satisfactorios en un tiempo razonable.

Tanto el segundo como el tercer método implican el cruzamiento de bovinos, diferenciándose solamente en que en el segundo se obtienen animales de mercado, los cuales deberán ser renovados constantemente, mientras que en el último método se están sentando las bases para la formación de una nueva raza. En ambos se está aprovechando el principio genético de la heterosis.

HETEROSIS

El vigor híbrido o heterosis es la superioridad individual de animales o plantas, que se obtiene por el apareamiento o cruce entre progenitores menos relacionados entre sí por encima de los representantes promedio de la población de su procedencia.

El apareamiento de tales progenitores se denomina exogamia y sirve, tanto para aumentar el vigor del animal descendiente como para uniformizar el comportamiento zootécnico de la generación. En todas las poblaciones existen individuos con características superiores e inferiores, cuya presencia provoca la heterogeneidad dentro de la misma. La exogamia disminuye las diferencias individuales y tiende a uniformizar el comportamiento de la población.

El máximo efecto de la exogamia se observa al inicio de su práctica, o sea, en las primeras generaciones cruzadas y disminuye en las generaciones posteriores. Su utilidad práctica reside en la dominancia de los genes portadores de los caracteres favorables sobre sus pares (alelos), que aportan las expresiones menos deseables del mismo carácter.

Por lo tanto, la exogamia mejora el comportamiento de los descendientes, pero disminuye la potencialidad genética de los individuos sobresalientes en los cuales inicialmente los genes favorables se presentan en forma de parejas uniformes (homocigotos).

La aparición de un gene desfavorable, heredado del otro progenitor, transforma el par de alelos en heterocigotos, repercutiendo en el fenómeno de que el futuro reproductor va a proporcionar a la mitad de sus descendientes las características menos deseables.

La máxima práctica de la exogamia reside en la producción de vegetales y animales para el mercado, bien sea para consumo o para exposiciones, mientras que su repercusión sobre el mejoramiento genético a largo plazo será reducida y a veces hasta negativa.

CRUZAMIENTO. EXPERIENCIA CON BOVINOS

Las pocas experiencias de exogamia con bovinos han sido encaminadas principalmente para la determinación de las diferencias entre razas y muy poco para conocer si el cruzamiento repercute en el éxito comercial. El cruzamiento, como cualquier otra forma de exogamia, tiende a disminuir la potencialidad genética del animal, haciéndolo más heterocigotos, reduce la eficiencia de la selección entre los descendientes F1 (50% R1 - 50% R2) y mejora el mérito fisiológico o productivo individual, debido a la dominancia general de los genes favorables para el tamaño, vigor, fertilidad, adaptación, etc.

Cuando los productos del cruzamiento son utilizados para fines reproductivos, sus descendientes serán genéticamente más variables que ellos y generalmente tendrán un promedio de potencialidad hereditaria de valor más bajo. Si ambos padres son cruzados con 50% de genes R1 y 50% de R2, su prole tendrá usualmente un valor genético medio individual inferior al de los abuelos. Muchas veces la distribución de los descendientes de padres 50% de R1 - 50% R2 es asimétrica, existiendo pocos individuos por encima del promedio de los padres, ubicándose la mayoría por debajo de este.

Además de la dominancia general de los genes de efectos favorables, es probable que mucha de esta asimetría en la distribución de los descendientes sea causada por interacción génica. Sin embargo, se ha observado que algunas líneas híbridas presentan una buena capacidad de combinación (habilidad combinatoria general) con la otra población en la cual va a ser utilizada.

La heterosis no ocurre uniformemente en todos los cruzamientos. Ni todas las razas, ni todos los animales dentro de la misma raza se "combinan" igualmente bien, lo que se debe a la habilidad combinatoria específica.

La heterosis obtenida por el cruzamiento de razas de animales domésticos, en la mayoría de los casos no sobrepasa de 2 a 8% de aumento sobre el promedio de las razas usadas como progenitores en características como el tamaño, la ganancia de peso, la fertilidad y otras de compleja fisiología. Ella es generalmente máxima para vitalidad, medida por el porcentaje de hijos sobrevivientes dentro de los procreados.

No existen observaciones en mejoramiento animal que se podrían comparar con el grado de heterosis que los geneticistas de maíz obtienen frecuentemente al cruzar dos linajes endógamos. Aunque los principios genéticos básicos son los mismos, aparentemente no existe en las razas de animales domésticos la habilidad combinatoria comparable a los linajes puros de maíz.

TIPOS DE CRUZAMIENTO

- ◆ Industrial o de primera generación: generalmente utilizado para obtener animales para la venta.

A x B ----- F1 (mercado)

Ventajas:

- Mayor desarrollo
- Mejor conformación
- Aumenta tasa de fecundación

Desventajas:

Depende de la acertada selección de los reproductores.

- ♦ Absorbente (grading up o top crossing): utilizado para sustituir una raza por otra.
 Paso 1: eliminación de todos los machos de la raza que se desea cambiar (A).
 Paso 2: cruzar las hembras con machos de la raza que se desea (B).

$$\begin{array}{l}
 B_{\sigma} \times A_{\text{♀}} \text{ ----- } F_1 \\
 B_{\sigma} \times F_1_{\text{♀}} \text{ ----- } F_2 \\
 B_{\sigma} \times F_2_{\text{♀}} \text{ ----- } F_3
 \end{array}$$

Ventajas:

- Permite pasar de una raza a otra sin la compra-venta de animales (menores gastos operativos).
- Inicialmente se aprovecha el vigor híbrido.
- Aumenta la variabilidad genética.

Desventajas:

- Es un proceso muy lento.
- Requiere de registros confiables para efectos de selección.

- ♦ Alternó: aparentemente es el mejor método de aprovechamiento de la heterosis de las madres. Evita el completo declive en el mérito individual promedio que usualmente ocurre cuando los animales 50% R1 - 50% R2 son cruzados entre sí. Consiste en utilizar siempre a machos "puros", pero alternando las razas, con lo cual, practicado regularmente, las sucesivas generaciones se aproximan a la condición en la que los descendientes tendrán 1/3 R1 - 2/3 R2 o viceversa.
- ♦ Alternó rotacional: se utilizan machos de dos razas (A y B).

Machos	A	A	B	A	B	etc.
	x	x	x	x	x	
Hembras	B	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	
	↓	↓	↓	↓	↓	
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	
	0,50A	0,75A	0,375A	0,6875A	0,344A	
	+	+	+	+	+	
	0,50B	0,25B	0,625B	0,3125B	0,656B	
	(1/2A)	(3/4A)	(5/8A)	(10/32A)	(42/64A)	

Nota: después de la tercera generación (F3), el porcentaje de A y B tiende a asumir los valores de 1/3 y 2/3 en las generaciones impares y 2/3 y 1/3 en las pares.

Ventajas:

- Aprovechamiento de la heterosis (si los machos **no son los mismos**).
- Mayor fertilidad.
- Mantiene las razas en equilibrio, concentrando las características de todas ellas.
- Es flexible.

Desventaja:

Requiere mucha dedicación y controles.

- ♦ Alternó rotacional triple (triple crossing): se utilizan machos de tres razas (A, B, C).

A	C	A	B	C
x	x	x	x	x
B	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
↓	↓	↓	↓	↓
F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
0,50A 0,50B	0,25A 0,25B 0,50C	0,625A 0,125B 0,250C	0,313A 0,562B 0,125C	0,157A 0,281B 0,562C

Ventajas:

- Animales vigorosos y precoces.
- Mejora la eficiencia alimenticia.
- Incrementa la fertilidad.

Desventaja:

Necesidad de un buen manejo y registros.

- ◆ Recíproco recurrente: para ser efectuado entre líneas consanguíneas o no de la misma raza, o bien entre distintas razas.



Estrictos controles para los F₁. Los mejores se cruzan con las razas iniciales.



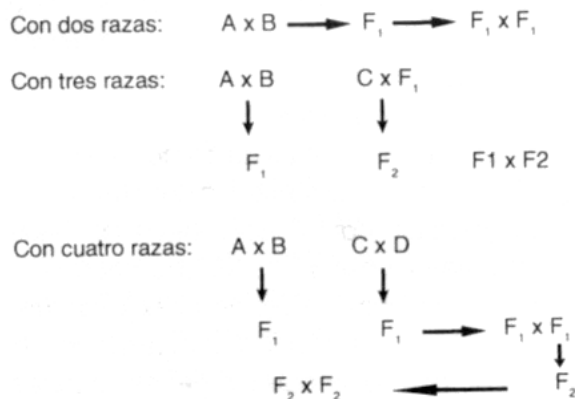
Ventajas:

- Aprovechamiento conjunto de heterosis y consanguinidad.
- Mejora en las características seleccionadas.

Desventajas:

Requiere de mucha dedicación y tiempo en la selección de los animales, cuyos resultados se muestran en la F₂, los cuales son los que deberán utilizarse en la explotación racional de la finca.

- ◆ Refrescante o intercurrente: consiste en la introducción de reproductores de otra raza en el rebaño, pudiendo ser utilizados en cualquiera de los cruzamientos antes mencionados.
- ◆ De retorno (back crossing): es lo inverso del cruzamiento absorbente.
- ◆ De bimestizos: consiste en el cruzamiento de los F₁ y/o F₂ para tratar de lograr una nueva raza. Ejemplo de ello son las razas Carora (Venezuela), Pitangueiras (Brasil), Santa Gertrudis (USA), Siboney (Cuba) y Jamaica Hope (Jamaica), etc.



ESQUEMA DE CRUZAMIENTOS POSIBLES

Composición del rebaño	A 32/32 (1/1)	B 16/32 (1/2)	C 8/32 (1/4)	D 20/32 (5/8)	E 24/32 (3/4)
Semen disponible	1 (1/1)	2 (1/2)	3 (5/8)	4 (3/4)	
Cruzamientos	A	B	C	D	E
1	32/32	24/32	20/32	25/32	28/32
2	24/32	16/32	10/32	18/32	20/32
3	25/32	18/32	14/32	20/32	22/32
4	28/32	20/32	16/32	22/32	24/32

COMPOSICIÓN GENÉTICA RECOMENDABLE

1. Presentan una mayor estabilidad genética
2. En sus posteriores cruzamientos existen menores posibilidades de recombinación génica.
3. Teóricamente con ellos es posible fijar caracteres.
4. Permiten un buen aprovechamiento de la heterosis.
5. Son de fácil consecución y venta.

Ejemplo de la estimación de los componentes genéticos de las razas en un cruzamiento.

$$\begin{array}{ll}
 A \times B & F_1 \\
 F_1 \times A & F_2 \\
 F_2 \times F_1 & F_3 ?
 \end{array}$$

Cálculos:

$$F_1, A \times B \quad 0,50A : 0,50B \quad F_1 = 1/2A + 1/2B$$

$$\begin{aligned}
 F_2 [1/2A + 1/2B] \times A &= 1/2 [(A+B) / 2 + A] \\
 &= (A+B) / 4 + 2A/4 \\
 &= (3A/4) + B / 4 \\
 &= 3/4A + 1/4B
 \end{aligned}$$

Otra forma de hacerlo sería:

$$\begin{aligned}
 F_2 (0,50A + 0,50B) \times A &: 0,25A + 0,25B + 0,50A \\
 &0,75A + 0,25B \\
 &3/4A + 1/4B
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_3 [3/4A + 1/4B] \times [1/2A + 1/2B] &= 1/2 [(3A/4) + B/4] + (A+B)/2 \\
 &= [(3A + B)/8] + [(A + B)/4] \\
 &= (3A + B + 2A + 2B)/8 \\
 &= 5/8A + 3/8B
 \end{aligned}$$

POSIBLES BASES GENÉTICAS PARA EXPLICAR LA HETEROSIS

Dominancia: la disminución del vigor debido al endocruzamiento, sugiere en forma general, que en los animales domésticos existen muchos genes recesivos que presentan efectos deletéreos sobre el vigor del animal, variando de levemente perjudicial hasta letal.

Debido a que existen muchos pares de genes influenciando la expresión de los caracteres cuantitativos, algunas razas y linajes endocruzados podrían ser recesivos para algunos pares de genes; es decir, cuando muchos pares de genes controlan un carácter, una raza puede ser homocigota dominante para algunos pares y homocigota recesiva para otros (AABBCCdd), mientras que en otra raza podría ser, respectivamente, homocigota recesiva y homocigota dominante para esos mismos pares (aaBBCCDD). Cuando son cruzados animales de las dos raza, la F1 (AaBBCCDd) será superior a ambos ancestrales para ese carácter en particular, teniendo al final un gene dominante en cada par.

Siendo la dominancia responsable de la heterosis, podría ser teóricamente posible tomar la superioridad de un linaje simple para obtener individuos homocigotos dominantes para todos los pares de genes, y si cruzamos entre sí a los animales con este genotipo sus descendientes tendrán todos el mismo genotipo. Sin embargo, estos homocigotos dominantes serían difíciles de reconocer, debido a que son semejantes al heterocigoto en relación al fenotipo. Además, es muy posible que existan más de dos pares de genes para regular el carácter, lo que complicaría más la tarea de establecer los homocigotos dominantes. Así que, aunque teóricamente es probable, en la práctica resulta poco menos que imposible.

Sobredominancia: este tipo de acción génica contribuye para la manifestación de la heterosis y, en la práctica, muchos pares de genes con acción sobredominante pueden afectar la misma característica, aunque los efectos de los diferentes pares pueden ser de idénticas proporciones generalmente unos tienen mayores efectos sobre otros.

Con este tipo de acción génica sería imposible fijar el heterocigoto para una simple característica, debido a que la acción es enteramente dependiente de la heterocigosidad. El único medio de aprovechar la ventaja del vigor sería la de formar primeramente un linaje endocruzado y usar los homocigotos entre sí. Los animales resultantes son sometidos a pruebas, comprobando cual de ellos se combina mejor y que produzca mayor grado de heterosis en sus descendientes. La mejor combinación de los ancestrales deberá ser cruzada nuevamente para producir heterocigosidad individual (esto es lo que exactamente se hace en la producción de maíz). Posteriores cruzamientos solamente disminuirán la proporción de heterocigotos de la población, con el consiguiente declive de la heterosis, regresando la media poblacional al promedio de los ancestrales iniciales.

Epistasia: existen muchas formas de acción génica apistática, aunque sus efectos sobre las características cuantitativas sean difíciles de ser medidos, debido básicamente a su complejidad. En la dominancia y sobredominancia el efecto heterótico es debido a la interacción de genes de la misma serie alélica, siendo que muchos pares de alelos pueden afectar una misma característica. En la epistasia, la interacción es entre pares de genes no alélicos y en ella teóricamente posible fijar los efectos de la heterosis en un linaje simple, aunque en la práctica es extremadamente difícil, o lo que es lo mismo, es imposible mantenerla por medio de cruzamientos de individuos con alto grado de heterocigosidad.

Existen otros tipos de interacciones inter-alélicas con resultados heteróticos y hasta algunos, teóricamente, pueden ocasionar una heterosis negativa. Afortunadamente la mayoría de los genes con efectos no deseables son recesivos, existiendo sin embargo ejemplos dominantes en animales de laboratorio. En todo caso, la heterosis máxima dependería de la presencia de no menos de un dominante para un máximo de pares alélicos y, teóricamente, podría ser posible seleccionar razas o linajes puros que tuviesen todos los genes dominantes en homocigosis para obtener su máxima expresión.

Si nos concediéramos la posibilidad teórica de de lo anterior, tenemos que reconocer también que el mejoramiento de cada raza o linaje sería lento, debido a que existen grandes números de pares de genes que afectan los caracteres productivos. Por ejemplo, si solamente siete pares de genes son heterocigotos, podemos esperar 2,187 combinaciones diferentes; si son diez, esperaremos 59,049. Es decir, si dos animales son heterocigotos para n pares de genes, teóricamente pueden producir $3n$ tipos de descendientes.

[Volver a: Genética bovinos lecheros](#)