

## Sistemas de cruzamiento para la producción de ganado tropical

**Atilio Atencio León, PhD**

*Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”  
Decanato de Ciencias Veterinarias. Barquisimeto  
atilioatencio@cantv.net*

Entre los millones de venezolanos que con placer degustamos una sabrosa arepa rellena con pollo, con perrito o con unos huevos revueltos, posiblemente seamos pocos los que caemos en cuenta que esa satisfacción se la debemos, en parte, al vigor híbrido obtenido mediante el cruzamiento de las especies involucradas en el proceso, bien sea maíz, aves o cerdos. El valor culinario del vigor de los híbridos provenientes del cruzamiento entre individuos de distintas especies, razas o linajes, vegetales o animales, no podría estar mejor ilustrado que mediante ese apetitoso ejemplo. Literalmente hablando, no existen hoy día variedades comerciales de maíz o líneas de pollos o de cerdos que no provengan de algún sistema de cruzamiento.

Por definición, el cruzamiento, también denominado exocria o exogamia es, en términos técnicos, una estrategia de apareamiento entre individuos no emparentados y cuyo vínculo genético es mucho más distante que el promedio de la población de la cual ellos provienen; es decir, lo opuesto a la consanguinidad, endocria o endogamia. En general, el término cruzamiento es empleado para hacer referencia específica al apareamiento entre individuos de diferentes especies o razas y así poder distinguirlo del simple apareamiento entre individuos no emparentados, aún siendo de la misma raza, el cual se conoce como apareamiento abierto. No obstante, en ambos casos, los efectos genéticos son similares. Ahora bien, cuando analizamos las posibilidades que existen entre la estrategia de aparear individuos con vínculos familiares o consanguíneos (cual es el caso del apareamiento entre hermanos o de un padre con su hija, por mencionar algunos) y la estrategia de efectuar cruzamientos entre individuos no emparentados o de distintas razas o de diferentes especies, podemos caer en cuenta del abanico de infinitas posibilidades a las que podemos recurrir para aparear nuestros animales domésticos.

Ahora bien, como es lógico pensar, no existe un sistema de cruzamiento ideal que tenga la virtud de adaptarse a todos los tipos de rebaños y situaciones, motivo por lo cual es muy importante tomar en consideración que hay varias opciones a las cuales podemos recurrir, las cuales podemos agrupar en tres grandes bloques. Veamos:

## SISTEMAS DE CRUZAMIENTO ROTACIONALES

**Sistema de cruzamiento rotacional espacial con toros puros.** Son sistemas clásicos en los cuales cada generación de hembras es “rotada” para aparearse con toros puros de razas diferentes. Así tenemos que, por ejemplo, en un sistema de cruzamiento rotacional alterno con participación de dos razas diferentes, las hembras hijas de un semental de raza A son siempre apareadas con toros de la raza B y las hijas de un semental de raza B son siempre apareadas con toros de la raza A (Figura 1).

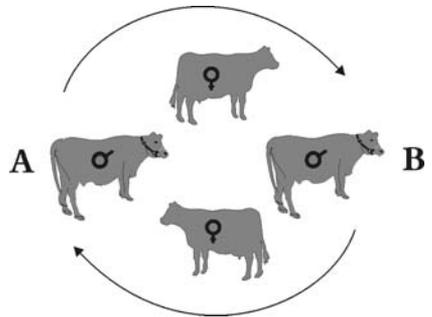
Mediante esta rotación espacial, las dos razas distintas de toros se usan de manera simultánea, aunque separadas espacialmente, pues hay dos áreas o potreros de entore. El sistema produce sus hembras de reemplazo, las cuales abandonan su lugar de nacimiento para ser servidas en otra área distinta con toros de la otra raza. Así, las madres nunca estarán en la misma área o potrero con sus hijas durante el entore.

En un sistema de cruzamiento rotacional con tres o cuatro razas, simplemente se añade una tercera o cuarta raza a la secuencia descrita (Figura 2).

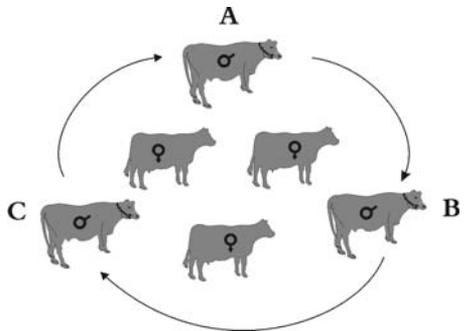
Es obvio que a medida que aumenta el número de razas en el sistema se incrementan las necesidades de potreros, cercas, mano de obra, así como los costos operativos. Este mismo esquema puede ser empleado, pero en lugar de usar toros puros se usan toros cruzados en forma rotacional; por ejemplo: Angus x Cebú; Simmental x Cebú (en ganado de carne) o Holstein x Cebú; Carora x Cebú (en ganado lechero), en cuyo caso la heterocigosis y la utilización de la heterosis serán intermedias en comparación con el sistema de cruzamiento rotacional con toros puros,

asumiendo que son las mismas razas las que participan en el cruzamiento.

**Figura 1**  
**Cruzamiento rotacional con dos razas**



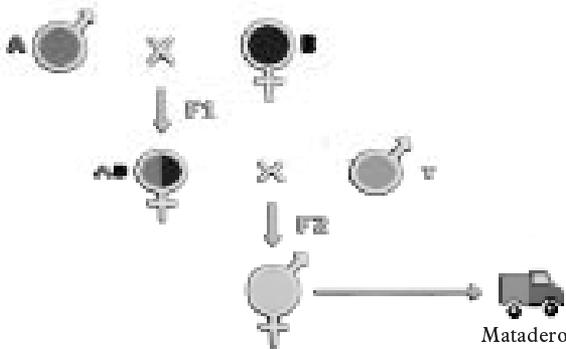
**Figura 2**  
**Cruzamiento rotacional con tres razas**



## SISTEMAS DE CRUZAMIENTO TERMINAL

**Sistema de cruzamiento terminal estático.** En el sistema de cruzamiento terminal estático, vacas puras de raza A se aparean con toros de raza A con el objeto de producir hembras puras de reemplazo y luego con toros de raza B para producir hembras cruzadas  $F_1$  (BA). Todas las hembras cruzadas BA se aparean con toros de raza C, en forma de cruzamiento terminal. Las razas A y B deberían ser seleccionadas tomando en consideración que tanto el tamaño de las vacas como la habilidad materna se adapten a las condiciones climáticas y a los recursos alimenticios disponibles. La raza de toros a ser utilizada en forma terminal debería ser escogida en base a la tasa y eficiencia de ganancia de peso y calidad de la canal. Toda la descendencia (machos y hembras) producida en este cruzamiento terminal podría ser enviada a matadero, si los esquemas de mercado lo permiten (Figura 3). La progenie masculina de las razas maternas A y B puede enviarse a matadero, en tanto que la casi totalidad de la progenie femenina puede conservarse como hembras de reemplazo.

Figura 3  
Cruzamiento rotacional terminal



El sistema de cruzamiento terminal estático aprovecha al máximo el uso de los efectos raciales de naturaleza genética aditiva así como la complementariedad entre razas diferentes. Sin embargo, sacrifica algo la heterosis producida en el rebaño debido al alto porcentaje de vacas y novillas puras, que exige el sistema para producir las hembras de reemplazo.

## POBLACIONES COMPUESTAS

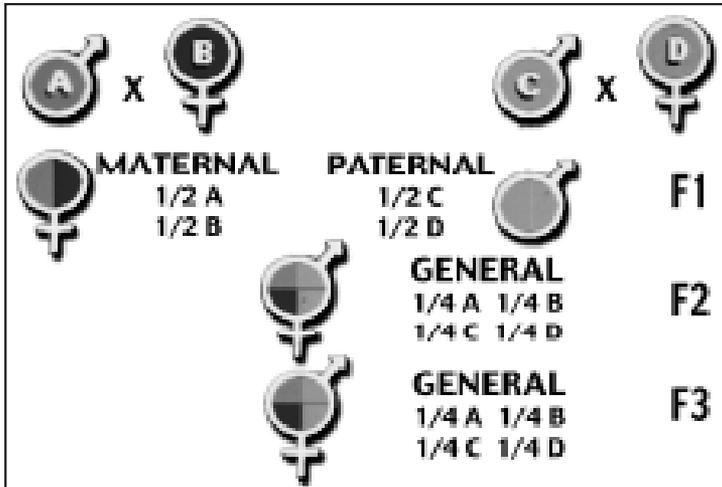
Una alternativa más sencilla en contraposición a los complejos sistemas de cruzamiento rotacionales antes descritos es el desarrollo de una población compuesta, que puede basarse en el apareamiento *inter se* de los animales provenientes de un cruzamiento de dos o más razas (Figura 4). La ventaja primaria de utilizar una *población compuesta* estriba en que, luego de la etapa formativa en la cual se realizan los cruza- mientos iniciales, los requerimientos de manejo son similares a los de una raza pura, como se verá más adelante. Hoy día recurrimos a la utilización de las poblaciones compuestas para obtener muchos de los beneficios del cruzamiento, sin hacer nuevos

cruzamientos, ya que una vez desarrollada éstas, su cría y manejo es semejante al de un rebaño puro. Veamos. Un animal *compuesto* es un híbrido formado mediante el cruzamiento de, al menos, dos razas diferentes y a menudo de más de dos razas. Ejemplos clásicos de poblaciones compuestas son las razas Santa Gertrudis, Brangus, Charbray, Braford, Senepol, Girolando, etc., las cuales, a medida que se hacen consanguíneas se tornan en puras. Lo que distingue a una población de animales compuestos no es su idéntica composición genética *per se*, si no, más bien, la forma en que ellos son apareados. Los animales compuestos se aparean entre sí, con los de su propia clase, reteniendo por lo tanto un determinado nivel de heterosis. Es por esta razón que lo asociamos con el cruzamiento tradicional; sin embargo, una vez concluida la etapa formativa de la población compuesta y se recurre al apareamiento *inter se* para generar nuevos individuos no estamos haciendo nuevos cruzamientos con otras razas. De allí en adelante se maneja, de manera general, similar a un rebaño puro, siendo su principal objetivo mejorar el valor de cría mediante selección en el rebaño formado, sin perder heterosis, por lo cual debe evitarse la consanguinidad. Buena parte de estas experiencias provienen de los resultados obtenidos con la producción de vegetales híbridos desarrollados como poblaciones de plantas compuestas, también llamadas variedades sintéticas, que si bien no lograban alcanzar los máximos niveles de heterosis obtenibles en los híbridos  $F_1$ , podían obtener mayores producciones que las variedades puras y, además, sus semillas podían emplearse para producir las próximas cosechas. El mismo principio fue aplicado años después en la industria avícola y luego en la industria porcina, generando los altos niveles de productividad y eficiencia que conocemos actualmente.

Ahora bien, si esos sistemas de producción de híbridos cambiaron por completo la faz de esas industrias productoras de alimentos, ¿por qué habría de ser distinto con el ganado bovino? Numerosas experiencias en el ámbito mundial demuestran fehacientemente las bondades de los animales compuestos, especialmente en lo que a la zona tropical se refiere, en donde, a fin de cuentas, se ubica el 70% del billón de cabezas de ganado del planeta. Las poblaciones compuestas representan una alternativa para compensar, gracias a la heterosis y a la complementariedad, las limitaciones que evidencian tanto los bovinos europeos como los índicos. Bien se sabe que los primeros por su escasa adaptación no prosperan en ambientes cálidos y húmedos, son ineficientes en transformar forrajes toscos de baja calidad y acusan muy poca resistencia a ecto y endo parásitos. Por su parte, los índicos son de maduración sexual tardía; esa escasa precocidad hace que su edad de beneficio sea elevada y sus carnes no sean de la mayor ternera.

La pregunta fundamental a ser respondida desde el punto de vista genético en las poblaciones compuestas es ¿hasta qué punto la retención de heterosis en generaciones avanzadas es linealmente proporcional a la heterocigosis retenida? Si la heterosis es retenida en proporción directa a la heterocigosis, es lógico pensar que mediante el uso de nuevas razas compuestas se podría competir con los sistemas tradicionales de cruzamientos rotacionales continuos antes descritos. Si dos razas contribuyen de igual forma en el individuo compuesto ( $1/2 A$ ,  $1/2 B$ ), el 50% de la heterocigosis inicial de la  $F_1$  se mantiene, siempre y cuando se evite la consanguinidad. La heterocigosis incrementa en la medida en que el número de razas participantes aumenta en el individuo compuesto. Si cada raza tiene la misma contribución en el compuesto, la hete-

Figura 4. Población compuesta



rocigosis en la F<sub>3</sub> y en las subsiguientes generaciones es directamente proporcional al número de las razas participantes. Tal es el caso del esquema con participación de cuatro razas ilustrado en la Figura 4, en la que cada una de las razas participantes contribuye con un 25%.

La forma más sencilla de utilizar animales compuestos para la cría comercial es mediante lo que se denomina población compuesta “pura” (en el sentido de emplear una sola “raza” compuesta), en la cual los apareamientos son intra raciales; es decir, entre individuos de la misma población, sin recurrir al cruzamiento con animales de otra raza. Ello puede producir niveles importantes de heterosis. Recordemos que el apareamiento *inter se* entre individuos F<sub>1</sub> de dos razas diferentes producen una F<sub>2</sub> en la cual el 50% de la heterosis obtenida en la F<sub>1</sub> se pierde; sin embargo, si se evita la consanguinidad, la otra mitad es retenida, pasando a formar así un compuesto de dos razas. De esa manera, la cantidad de heterosis retenida va a depender del número de razas que integran el animal compuesto y de la proporción de las mismas.

Debe tenerse siempre presente que la mayor virtud de cualquier programa dirigido a formar una población compuesta es su sencillez. Un buen ejemplo de ello sería el caso de aparear una población de hembras F<sub>1</sub> ya existente con toros F<sub>1</sub> de distinta composición genética comprados a terceros. De esta forma se puede generar una población compuesta de tres o cuatro razas en, literalmente, una sola generación. A los fines prácticos ganaderos, ilustremos este caso con varios esquemas de aplicación útil en nuestro país:

En condiciones tropicales, la producción de individuos 1/2 *Bos indicus* x 1/2 *Bos taurus* parece indicar el nivel óptimo para maximizar la ventaja de la heterosis adicional que se logra en comparación a la menor heterosis encontrada en los cruzamientos *Bos indicus* x *Bos indicus* o *Bos taurus* x *Bos taurus*. Como quiera que sea, hay situaciones en que los niveles más altos de herencia *Bos indicus* son favorecidos, cual es el caso de

condiciones tropicales muy inhóspitas, aun cuando los efectos de la heterosis disminuyan. Si por el contrario, las condiciones del ecosistema son más favorables, se justificarían niveles más altos de herencia *Bos taurus*.

La abundante disponibilidad de regiones de clima tropical en Venezuela, con altas temperaturas, alta humedad relativa y abundantes precipitaciones, ha determinado un sistema de producción con el doble propósito de producir leche y carne, ampliamente distribuido en todo el ámbito nacional. Tiene un mayor desarrollo en las regiones andina, zuliana y centroccidental, donde produce más del 80% de la leche y 50% de la carne que se consume en el país, en el cual se encuentra casi la mitad del rebaño nacional y ocupa más del 60% de la superficie de pastos cultivados. Posee un insuficiente nivel tecnológico y bajos índices de producción generados por un rebaño que es un “mosaico” genético indefinido pero con un elevado potencial para su mejoramiento, lo cual justifica plenamente programas de cruzamiento organizados para mejorar su rentabilidad. Un reto atractivo sería la formación de una población compuesta 50% *Bos taurus* x 50% *Bos indicus*, con participación de tres razas, en la cual una población de hembras  $F_1$  ya existente (Holstein x Cebú o Pardo Suizo x Cebú o Carora x Cebú) fuese la línea materna y se apareara con una línea paterna conformada por toros  $F_1$  de distinta composición genética (Braunvieh x Cebú o Simmental x Cebú o Senepol x Cebú) producidos por terceros, por mencionar algunas razas, como ilustra la figura 4, con el fin de generar opciones para formar una población compuesta de idéntica composición genética conocida, con un nivel genético óptimo, estable, con cero variación intergeneracional y adaptada a un ecosistema específico, todo ello seguido de un adecuado programa de selección. Esquemas de esta naturaleza permitirían la formación de una población compuesta o raza de doble propósito tropical, perfectamente adaptable a los distintos recursos que tiene el país y, además, concuerda con la información parcial que existe en relación a la habilidad combinatoria de las razas involucradas en el cruzamiento. En el caso que el proyecto para la formación de la misma se iniciara desde cero, el apareamiento de los sementales europeos con las hembras cebú se debería realizar empleando programas estratégicos de inseminación artificial, dándole el mejor uso posible al semen disponible en el mercado. El resto de los apareamientos podría efectuarse mediante monta natural. Asumiendo indicadores aceptables de natalidad, mortalidad y descarte hasta el primer apareamiento con novillas de dos años de edad, mediante la implementación de adecuados programas de manejo, en un período cercano a los diez años se podría obtener un número importante de varios miles de individuos de la misma raza compuesta con idéntica composición genética conocida y estable, que conformarían un pié de cría de extraordinario valor genético, capaz de potenciar la productividad del rebaño nacional.

En aquellos casos en los que las condiciones del ecosistema son más favorables y el nivel genético óptimo *Bos taurus* fuese 75%, éste puede ser establecido y mantenido de manera relativamente fácil, siguiendo el esquema propuesto. Lo mismo puede decirse para aquellos casos, en los que por el contrario, lo inhóspito del ambiente, exigiese un nivel genético *Bos indicus* de 75% y 25% *Bos taurus*. Simplemente las hembras  $F_1$  se retrocruzarían, incluso por monta natural, con toros Cebú, o las hembras Cebú se podrían aparear con toros  $F_1$ .

En los rebaños de ganado de carne aplican, básicamente, los mismos principios. Es obvio, que el componente *Bos taurus* debiera estar representado por razas de ganado de carne que mejor pudieran adaptarse a nuestro medio.

De igual manera es necesario destacar que a medida que aumenta el número de razas (2, 3, 4, etc.) se mantiene mayor heterocigosis mediante un sistema de cruzamiento rotacional que mediante una población compuesta. Por ejemplo, con la utilización de dos razas, un sistema rotacional mantiene 66,7% del máximo de heterocigosis en comparación al 50% de una población compuesta de dos razas. Un sistema de cruzamiento rotacional con cuatro razas podría mantener 93,3% de la máxima heterocigosis en comparación con 75% de una población compuesta.

Es importante destacar que los niveles máximos o mínimos de rendimiento no constituyen lo óptimo para muchas características que afectan la eficiencia en la producción de carne y leche tales como peso al nacer, peso al destete, tamaño a edad madura, edad a la pubertad y producción de leche. El clima, el manejo, los recursos alimenticios y las exigencias del mercado juegan un papel primordial en la determinación de los niveles óptimos de rendimiento. La escogencia de las razas debe tomar en consideración los aspectos citados.

Las poblaciones compuestas pueden ser diseñadas para adaptarse a ecosistemas específicos lo cual exige una selección meticulosa tanto de las razas participantes como de los individuos dentro de éstas, con una base genética lo más amplia posible en los rebaños de fundación y empleando el mayor número de sementales, aun cuando disminuya el número de progenie por toro.

Todo ello justifica plenamente la formación y uso de las poblaciones compuestas, pues representan una alternativa válida ante los sistemas de cruzamiento rotacionales descritos anteriormente, con la particularidad que los requerimientos con relación a número de potreros son iguales a los de cría de ganado puro. Como se ha mencionado, los resultados son indicativos que la heterosis puede mantenerse a niveles sustanciales; existe una oportunidad mucho mayor de explotar la vasta variación genética que hay entre las diversas razas; además, las posibilidades de adaptar el potencial genético en términos de tamaño, producción láctea, fertilidad y otras características importantes con las condiciones climáticas, requerimientos y recursos alimenticios, son mucho más grandes para las poblaciones compuestas que para los otros sistemas de cruzamientos estudiados. Por ejemplo, si el nivel genético óptimo *Bos taurus* es 25% para un ambiente específico, la contribución genética del *Bos taurus* puede ser establecida y mantenida a ese nivel en forma relativamente fácil en una población compuesta. Tal contribución no puede ser establecida y mantenida a ese nivel en un sistema de cruzamiento rotacional convencional debido a las fluctuaciones en composición de una generación a la siguiente. Por ejemplo, en un sistema de cruzamiento rotacional con tres razas, la contribución de una raza específica será en promedio 14, 29 ó 57% y solamente una tercera parte del rebaño alcanzaría en un momento dado la contribución óptima de 25% del *Bos taurus*. En cambio, en el proceso de formación de una población compuesta, como hemos visto, la contribución genética de una raza específica puede ser fijada en 1/2 en una generación, en 1/4 en dos generaciones y en 1/8 en tres generaciones. Una vez formada, la variación intergeneracional es cero. Sin embargo, es necesario señalar que desde el punto de vista práctico este equi-

libro ideal no se observa en toda la descendencia obtenida mediante cruzamiento, por lo cual la selección de los animales más adaptados a las condiciones ambientales juega un papel muy importante. Inevitablemente, los sistemas de cruzamiento son un ensayo de acierto y error pero es de esa manera que han surgido todas las razas que pueblan el planeta, tanto en el reino animal como en el vegetal.

## **LECTURAS RECOMENDADAS**

Atencio, A. Sistemas de cruzamiento en ganado bovino en la producción comercial de carne y leche. *Venezuela Bovina* 18.59:14, 24. 2003.

Atencio, A. Cruzamiento o Exocría: ¿Panacea Universal? *Venezuela Bovina* 18.58:20, 24. 2003.

Atencio, A. Consanguinidad o Endocría: ¿Arma de doble filo? *Venezuela Bovina*. 18.57:30, 34. 2003.

Atencio, A. ¿Puros o Cruzados? *Venezuela Bovina*. 17.55: 31,34. 2002.

Atencio, A. Principios de cruzamiento en ganado de carne. Resultados preliminares sobre crecimiento. En: D. Plasse y N. Peña de Borsotti (Eds.). VI Cursillo sobre Bovinos de carne. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela. pp 167-186. 1990.