

**USO DEL CRUZAMIENTO ENTRE RAZAS PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD ANIMAL. VI. CRUZAMIENTOS ROTACIONALES
PERIODICOS.**

Juan Carlos Magofke S. y Ximena García F.

Introducción.

Es importante reiterar que el éxito de un programa de cruzamientos, no sólo dependerá de la magnitud de la heterosis, sino que además de la productividad de las razas puras involucradas. Para entender esta afirmación baste recordar que el vigor híbrido, por definición, es el desvío con respecto al promedio de las razas puras, por consiguiente, tomar una decisión equivocada en la elección de éstas, puede ocasionar una importante disminución de la productividad, aun cuando la heterosis sea importante.

En los cruzamientos rotacionales de tipo convencional es posible obtener la máxima eficacia, cuando la diferencia en productividad de las razas puras consideradas es pequeña. En tales circunstancias, aun cuando el vigor híbrido no tenga una elevada magnitud, existen buenas posibilidades de que los mestizos superen a la mejor estirpe. En este tipo de cruzamientos, al existir similitud en la productividad de las razas puras, el mayor o menor éxito dependerá de la tasa de retención de la heterosis total en generaciones avanzadas (Magofke y García, 2003).

En muchas ocasiones, sin embargo, las razas puras disponibles para un habitat determinado muestran diferencias en productividad importantes. Cuando esto ocurre, los cruzamientos rotacionales de tipo convencional pierden eficacia con relación a la productividad de la mejor raza. Los cruzamientos rotacionales periódicos pueden, en tales circunstancias, transformarse en la alternativa más eficaz, ya que en este tipo de cruzamientos se privilegia, en la construcción de los ciclos, el aporte de la raza más destacada, en desmedro de la magnitud de la heterosis retenida en generaciones avanzadas.

El objetivo de este artículo es analizar diferentes opciones de cruzamientos rotacionales periódicos y comparar su eficacia con relación a los de tipo convencional.

Similitudes y diferencias entre cruzamientos rotacionales convencionales y periódicos.

En el Cuadro 1 se comparan los ciclos de los cruzamientos rotacionales de tipo convencional doble y triple, con diferentes opciones de cruzamientos rotacionales periódicos considerando la participación de las razas puras por la vía paterna. En todos los casos la raza de mayor productividad se encuentra representada por la letra A. Las letras B y C individualizan en orden decreciente las aptitudes de las otras razas al existir intervención de tres biotipos.

Cuadro 1. Contribución de las razas en los ciclos rotacionales convencionales y en algunas opciones de cruzamientos rotacionales periódicos con la participación de dos o tres razas.

Generación	AB	ABC	ABA	ABAC	ABCAB	ABAA	ABACAB	ABABA
1	A	A	A	A	A	A	A	A
2	<u>B</u>	B	B	B	B	B	B	B
3	A	<u>C</u>	<u>A</u>	A	C	A	A	A
4	<u>B</u>	A	A	<u>C</u>	A	<u>A</u>	C	B
5	A	B	B	A	<u>B</u>	A	A	<u>A</u>
6	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>A</u>	B	A	B	<u>B</u>	A
7	A	A	A	A	B	A	A	B
8	<u>B</u>	B	B	<u>C</u>	C	<u>A</u>	B	A
9	A	<u>C</u>	<u>A</u>	<u>A</u>	A	A	A	B
10	<u>B</u>	A	A	B	<u>B</u>	B	C	<u>A</u>
11	A	B	B	A	A	A	A	A
12	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>A</u>	<u>C</u>	B	<u>A</u>	<u>B</u>	B

Nota: Las letras identifican a la raza paterna.

Como se observa, tanto los cruzamientos rotacionales convencionales como los periódicos, son sistemas de cruzamientos permanentes en el tiempo; se ocupan razas puras por la vía paterna representadas por las letras indicadas en el Cuadro 1; la participación de éstas, a través de la vía paterna, siguen siempre una secuencia dada; y las hembras utilizadas en cada generación son las mestizas originadas en la generación inmediatamente anterior (Cuadro 2). La única diferencia consiste en la frecuencia con que participan las distintas razas dentro de cada ciclo. Es importante observar que, en los cruzamientos rotacionales periódicos, siempre la raza de mayor productividad (A), se repite más de una vez en cada ciclo, en desmedro de la contribución de las estirpes menos destacadas. En el Cuadro 2 se presenta el esquema de un cruzamiento rotacional periódico del tipo ABAC, con la finalidad de mostrar su desarrollo a través de las generaciones.

Cuadro 2. Composición genética y heterocigosidad retenida en las madres y en la progenie de un cruzamientos rotacional periódico (ABAC).

Generación	Raza Paterna	Importancia relativa de las razas A, B y C en la composición genética de las						Heterocigosidad retenida en las	
		Madres			Crías			Madres	Crías
		A	B	C	A	B	C		
1	A	0,000	0,000	1,000	0,500	0,000	0,500	0,00	1,00
2	B	0,500	0,000	0,500	0,250	0,500	0,250	1,00	1,00
3	A	0,250	0,500	0,250	0,625	0,250	0,125	1,00	0,75
4	<u>C</u>	0,625	0,250	0,125	0,313	0,125	0,563	0,75	0,88
5	A	0,313	0,125	0,563	0,656	0,063	0,281	0,88	0,69
6	B	0,656	0,063	0,281	0,328	0,531	0,141	0,69	0,94
7	A	0,328	0,531	0,141	0,664	0,266	0,070	0,94	0,67
8	<u>C</u>	0,664	0,266	0,070	0,332	0,133	0,535	0,67	0,93

La metodología seguida en su construcción, tanto para calcular la composición genética de madres y crías como para estimar la heterocigosidad retenida en las diferentes generaciones, es enteramente similar a la explicada por Magofke y García (2003). Interesa señalar, no obstante, los cambios que se producen con respecto a los de tipo convencional al repetirse, en este caso, la raza A en dos generaciones del ciclo. A pesar de que, tanto en los periódicos como en los convencionales, en la medida que avanzan las generaciones se alcanza el equilibrio, con la excepción de la generación 2, en los periódicos nunca se logrará igual porcentaje de retención de la heterocigosidad en madres y crías en una misma generación.

Comparación de la heterosis retenida con diferentes opciones de cruzamientos rotacionales convencionales y periódicos en generaciones avanzadas que han llegado al equilibrio.

En el Cuadro 3 se indica la composición genética de las madres y crías y el porcentaje de la heterosis materna e individual retenidas en cada generación y en el ciclo completo, para diferentes opciones de cruzamientos rotacionales convencionales y periódicos en generaciones avanzadas al equilibrio. La metodología para calcular los valores de la composición genética de las madres y crías, así como el de la heterosis retenida en cada generación y en el ciclo completo, es entregada por Bennett (1987). El desarrollo de las expresiones entregadas por el autor escapan a los propósitos del artículo, motivo por el cual sólo se analizarán los resultados y su uso para estimar el comportamiento animal esperado. Los principales comentarios de las cifras presentadas en el Cuadro 3 se indican a continuación:

- En los cruzamientos en que participan dos razas la máxima retención de la heterocigosidad en el ciclo completo se logra con los de tipo convencional. En los ciclos AB (convencional) la retención es de $2/3 = 0,667$; en el ABA y ABAA (periódicos), en cambio, la retención promedio esperada en el ciclo completo es de $4/7 = 0,571$ y $7/15 = 0,467$, respectivamente.
- Al participar tres razas se observa similar fenómeno. En los ciclos convencionales ABC la retención promedio del ciclo completo alcanza a $6/7 = 0,857$; En los periódicos ABAC, ABCAB y ABACAB, los valores sólo alcanzan niveles de $4/5 = 0,800$; $126/155 = 0,813$; y $146/189 = 0,772$, respectivamente.

Para estimar el comportamiento esperado de los mestizos en el promedio de cada ciclo y en cada una de las generación del éste, se requiere conocer tanto la composición genética de las crías como el porcentaje de la heterosis materna e individual retenida. La composición genética de las madres (Cuadro 3) se entrega con la única finalidad de permitir comprender la magnitud de la heterosis materna asignada (Magofke y García, 2003). En el Cuadro 4 se indica el desarrollo requerido para obtener el comportamiento esperado en el promedio de los ciclos al equilibrio para los mestizos originados con las distintas opciones presentadas en el Cuadro 3. Para hacerlo se usará la información experimental entregada por Benett (1987). El autor consideró las razas puras Angus, Hereford y Shorthorn que generaron 161; 148 y

Cuadro 3. Composición racial y heterocigosidad retenida en cruzamientos rotacionales convencionales y periódicos.

Generación Paterna	Composición racial de:						Heterocigosidad retenida	
	Madres			Crías			Madres	Crías
	A	B	C	A	B	C		
Ciclo: AB								
A	1/3	2/3	-	2/3	1/3	-	2/3	2/3
B	2/3	1/3	-	1/3	2/3	-	2/3	2/3
Promedio	1/2	1/2	-	1/2	1/2	-	2/3	2/3
Ciclo: ABC								
A	1/7	2/7	4/7	4/7	1/7	2/7	6/7	6/7
B	4/7	1/7	2/7	2/7	4/7	1/7	6/7	6/7
C	2/7	4/7	1/7	1/7	2/7	4/7	6/7	6/7
Promedio	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	6/7	6/7
Ciclo: ABA								
A	5/7	2/7	-	6/7	1/7	-	4/7	2/7
B	6/7	1/7	-	3/7	4/7	-	2/7	6/7
A	3/7	4/7	-	5/7	2/7	-	6/7	4/7
Promedio	2/3	1/3	-	2/3	1/3	-	4/7	4/7
Ciclo: ABAC								
A	1/3	2/15	8/15	2/3	1/15	4/15	14/15	2/3
B	2/3	1/15	4/15	1/3	8/15	2/15	2/3	14/15
A	1/3	8/15	2/15	2/3	4/15	1/15	14/15	2/3
C	2/3	4/15	1/15	1/3	2/15	8/15	2/3	14/15
Promedio	1/2	1/4	1/4	1/2	1/4	1/4	4/5	4/5
Ciclo ABCAB								
A	9/31	18/31	4/31	20/31	9/31	2/31	26/31	22/31
B	20/31	9/31	2/31	10/31	20/31	1/31	22/31	22/31
C	10/31	20/31	1/31	5/31	10/31	16/31	22/31	30/31
A	5/31	10/31	16/31	18/31	5/31	8/31	30/31	26/31
B	18/31	5/31	8/31	9/31	18/31	4/31	26/31	26/31
Promedio	2/5	2/5	1/5	2/5	2/5	1/5	126/155	126/155
Ciclo: ABAA								
A	13/15	2/15	-	14/15	1/15	-	4/15	2/15
B	14/15	1/15	-	7/15	8/15	-	2/15	14/15
A	7/15	8/15	-	11/15	4/15	-	14/15	8/15
A	11/15	4/15	-	13/15	2/15	-	8/15	4/15
Promedio	3/4	1/4	-	3/4	1/4	-	7/15	7/15
Ciclo: ABACAB								
A	21/63	34/63	8/63	42/63	17/63	4/63	174/189	126/189
B	42/63	17/63	4/63	21/63	40/63	2/63	126/189	138/189
A	21/73	40/63	2/63	42/63	20/63	1/63	138/189	126/189
C	42/63	20/63	1/63	21/63	10/63	32/63	126/189	186/189
A	21/63	10/63	32/63	42/63	5/63	16/63	186/189	126/189
B	42/63	5/63	16/63	21/63	34/63	8/63	126/189	174/189
Promedio	1/2	1/3	1/6	1/2	1/3	1/6	146/189	146/189

138 kg de ternero al destete por vaca expuesta a toro respectivamente, con una heterosis total promedio (individual y materna) de 39,2 kg. El comportamiento promedio esperado se desarrolla a continuación haciendo uso de la información que se resume en el Cuadro 3:

$$\text{Ciclo AB} = (1/2 * 161) + (1/2 * 148) + (2/3 * 39,2) = 180,6$$

$$\text{Ciclo ABA} = (2/3 * 161) + (1/3 * 148) + (4/7 * 39,2) = 179,0$$

$$\text{Ciclo ABAA} = (3/4 * 161) + (1/4 * 148) + (7/15 * 39,2) = 176,1$$

$$\text{Ciclo ABC} = (1/3 * 161) + (1/3 * 148) + (1/3 * 138) + (6/7 * 39,2) = 182,6$$

$$\text{Ciclo ABAC} = (1/2 * 161) + (1/4 * 148) + (1/4 * 138) + (4/5 * 39,2) = 183,4$$

$$\text{Ciclo ABCAB} = (2/5 * 161) + (2/5 * 148) + (1/5 * 138) + (126/155 * 39,2) = 183,1$$

$$\text{Ciclo ABACAB} = (1/2 * 161) + (1/3 * 148) + (1/6 * 138) + (50/63 * 39,2) = 183,9$$

El valor final esperado para cada una de las opciones comparadas se obtiene con el promedio ponderado de acuerdo a la composición genética de la progenie, mas la fracción de la heterosis retenida. Al intervenir sólo dos razas la alternativa mejor evaluada es el cruzamiento rotacional convencional (AB). Cuando se agrega una tercera estirpe, aun cuando las diferencias son de escasa magnitud, la mejor opción es el rotacional periódico ABACAB. Los resultados obtenidos son, sin embargo, específicos para el ejemplo propuesto, pudiendo variar substancialmente si el desempeño de las razas puras involucradas y de la heterosis cambian.

Análisis general que permite cuantificar el efecto de las razas puras y de la heterosis.

La información presentada en la Figura 1 permite hacer un análisis general del comportamiento esperado de los mestizos originados a partir de cruzamientos rotacionales doble y triple al equilibrio. Los resultados se obtienen en función de la importancia relativa de la heterosis con relación a la diferencia de mérito que pudiera existir entre las razas involucradas, lo cual se evalúa a través de la relación (A-B)/H. En la expresión señalada, A y B indican la productividad de las dos mejores razas puras y H la magnitud máxima de la heterosis esperada en una característica cualquiera lograda en la generación F₁.

Un valor 0 para esta relación, indica necesariamente que las razas A y B tiene el mismo mérito. En tal situación, dado que el vigor híbrido por definición es el desvío con respecto al promedio de las razas puras, los mestizos al equilibrio superarán a las estirpes participantes, que en este caso tienen el mismo mérito, en una magnitud equivalente a la heterosis retenida. En un *criscrossing*, esta retención alcanza a 2/3 (0,667) y a 6/7 (0,857) en un cruzamiento rotacional triple con respecto a lo obtenido en un F₁.

Cualquier valor superior a 0 de la relación (A-B)/H denota la existencia de una diferencia entre las razas puras A y B. La trascendencia de esta disparidad dependerá de la importancia relativa de ésta en relación a la magnitud de la heterosis máxima. En el eje de la abscisa (eje horizontal) de la Figura 1 aparecen representados estos valores en una escala de 0 a 2. En la ordenada (eje vertical) se indica la diferencia esperada de los mestizos con relación a la mejor raza pura (A). La unidad de medida, en este caso, se encuentra expresada en unidades heteróticas.

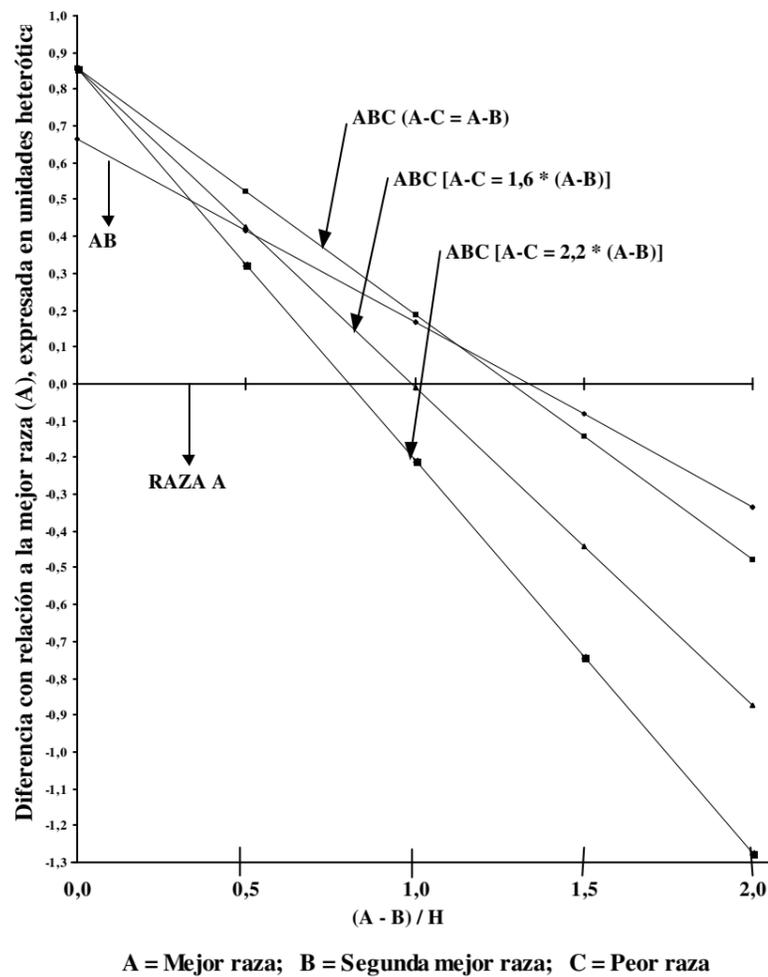


Figura 1. Diferencia esperada con respecto a la mejor raza (A) de los cruzamientos rotacionales convencionales doble (AB) y triple (ABC) al equilibrio, según la relación entre la diferencia de mérito de las razas participante y la magnitud de la heterosis. (Bennett, 1987).

Con el fin de aclarar la notación utilizada se desarrolla el ejemplo presentado en la sección anterior. En este caso el Angus es la mejor raza (161 kg) seguido por el Hereford (148 kg), ocupando la posición menos destacada el Shorthorn (148 kg). La heterosis promedio obtenida por los F_1 se consideró igual a 39,2 kg. Para este caso la relación $(A - B) / H$ es igual a 0,33 $[(161 - 148) / 39,2]$, valor que debe buscarse en la abscisa. En la ordenada se cuantifica la diferencia esperada del *criscrossing* al equilibrio con relación a la mejor raza (Angus), valor que se encuentra expresado en unidades heteróticas. Para transformar este resultado en kilogramos en el ejemplo propuesto, la lectura de 0,4872 en la ordenada, indica que se obtiene el 48,72 % de la heterosis máxima obtenida en el F_1 la cual, en el ejemplo,

corresponde a 39,2 kg. Esta operación da por resultado 19,1 kg $[(39,2*0,4872)*100=19,1$ kg].

Al intervenir una tercera raza C, el comportamiento de los mestizos dependerá, además, del desempeño de ésta. Su valoración se expresa comparando las diferencias entre A y C con la obtenida entre A y B. La igualdad $A-C=A-B$, indica que B y C tienen igual mérito, puesto que la diferencia con respecto a la mejor raza designada por A, es la misma. La igualdad $[(A-C)=1,6(A-B)]$ expresa, según el ejemplo planteado en la Figura 1, que la diferencia entre A y C es, en este caso, 1,6 veces mayor que la existente entre A y B, en consecuencia, B tiene una mayor productividad que C. Al considerar un coeficiente mayor, 2,2 en vez de 1,6, obviamente indica que la diferencia entre B y C se incrementa en relación al caso recién planteado. El valor de los coeficientes presentados en la Figura 1, que permiten cuantificar la diferencia entre B y C podrían haber tenido, por lo tanto, cualquier otra magnitud. La descripción planteada con los coeficientes propuestos (1,6 y 2,2) es sólo un ejemplo que permite visualizar la importancia del mérito de la tercera raza.

En el ejemplo usado para ilustrar el tipo de notación ocupada en la construcción de la Figura 1, donde la raza Shorthorn destetaba 138 kg por vaca expuesta a toro, comparado con los 161 y 148 kg obtenidos por las razas Angus y Hereford respectivamente, la igualdad descrita en el párrafo anterior es igual a $(A-C)=1,77(A-B)$ $[(161-138)=1,77(161-148)]$. En este ejemplo dado que $(A-B)/H$, tiene un valor bajo (0,33), aunque la diferencia entre A y C es 1,77 veces mayor a la que existe entre A y B, la diferencia en productividad a favor del triple con relación al rotacional doble es de 0,05 unidades heteróticas lo cual equivale a 2 kg.

El motivo por el cual todos los cruzamientos triples parten de un mismo valor, cuando $(A-B)/H$ es igual a 0, obedece a que, al cumplirse esta condición, el mérito de las tres estirpes siempre será igual. Esto ocurre porque, cualquiera sea la magnitud del coeficiente X para la igualdad $[(A-C)=X(A-B)]$, necesariamente para esta situación en particular, la magnitud del coeficiente no tiene trascendencia puesto que siempre estará multiplicando a un valor igual a 0.

Las tendencias observadas en los cruzamientos rotacionales dobles y triples permiten formular los siguientes comentarios:

- El beneficio de incluir a una tercera raza en un cruzamiento rotacional de tipo convencional, dependerá tanto de la magnitud de la heterosis retenida como del mérito de las razas puras participantes. Un cruzamiento rotacional doble AB será superado por su similar ABC, con relaciones $(A-B)/H$ que fluctúen entre 0 y 1,14, siempre que el desempeño de las razas puras B y C sea igual. Cuando la diferencia entre la segunda y tercera raza se hace presente, el rotacional AB, será superado por un ABC, en rangos más reducidos cuya magnitud dependerá de las diferencias de mérito entre las razas B y C. Para las condiciones $[(A-C)=1,6(A-B)]$ y $[(A-C)=2,2(A-B)]$, esto ocurrirá en rangos que fluctúan entre 0 - 0,52 y 0 - 0,35 respectivamente.
- Cuando el desempeño de las razas puras es similar, los cruzamientos rotacionales convencionales obtienen una mayor eficacia, logrando bajo esta restricción, los mayores beneficios al incorporar nuevas estirpes.

En la Figura 2 se compara el *criscrossing* (AB) con los cruzamientos rotacionales periódicos ABA y ABAA. Los criterios usados para su construcción son en todo sentido similares a los empleados en la figura anterior. Los principales comentarios se indican a continuación:

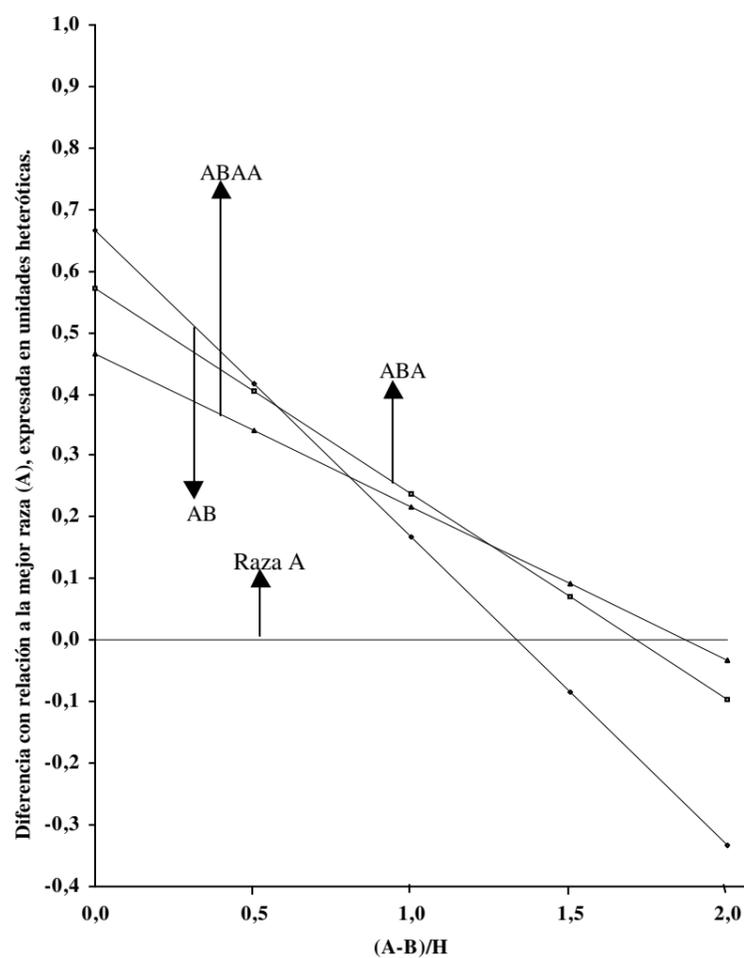


Figura 2. Diferencia esperada con respecto a la mejor raza A del cruzamiento rotacional convencional (AB) y los cruzamientos rotacionales periódico ABA y ABAA al equilibrio, según la relación entre el mérito de las razas participantes y la magnitud de la heterosis.

- Tanto los cruzamientos rotacionales convencionales como los periódicos disminuyen su eficacia en la medida que la relación $(A-B)/H$ aumenta, sin embargo, los periódicos se ven afectados en menor grado.
- No es posible establecer en forma general cual opción es más eficaz, ya que ello dependerá de la relación $(A-B)/H$. El convencional AB supera a los periódicos ABA y ABAA cuando la relación antes mencionada fluctúa entre 0 - 0,57 y 0 - 1,26 respectivamente. Por otra parte ABA excede a ABAA entre 0 y 1,26, siendo

posteriormente menos eficaz. Finalmente es interesante destacar que los cruzamientos rotacionales AB, ABA y ABAA superan a la mejor raza sólo cuando la relación entre la diferencia de productividad de las razas pura y la heterosis es menor a 1,33, 1,79 y 1,86 respectivamente

Finalmente en la Figura 3 se compara el convencional ABC con el periódico ABAC para las relaciones $(A-C)=(A-B)$; $(A-C)=1,6(A-B)$ y $(A-C)=2,2(A-B)$ explicadas anteriormente. No se incluyen otras opciones de cruzamientos rotacionales periódicos porque la diferencia entre estos son pequeñas, dificultando la interpretación de la figura al incluirlos. Es interesante mencionar, no obstante, que las diferentes opciones de cruzamientos periódicos muestran pequeñas ventajas entre si dependiendo de la magnitud de la relación $(A-B)/H$.

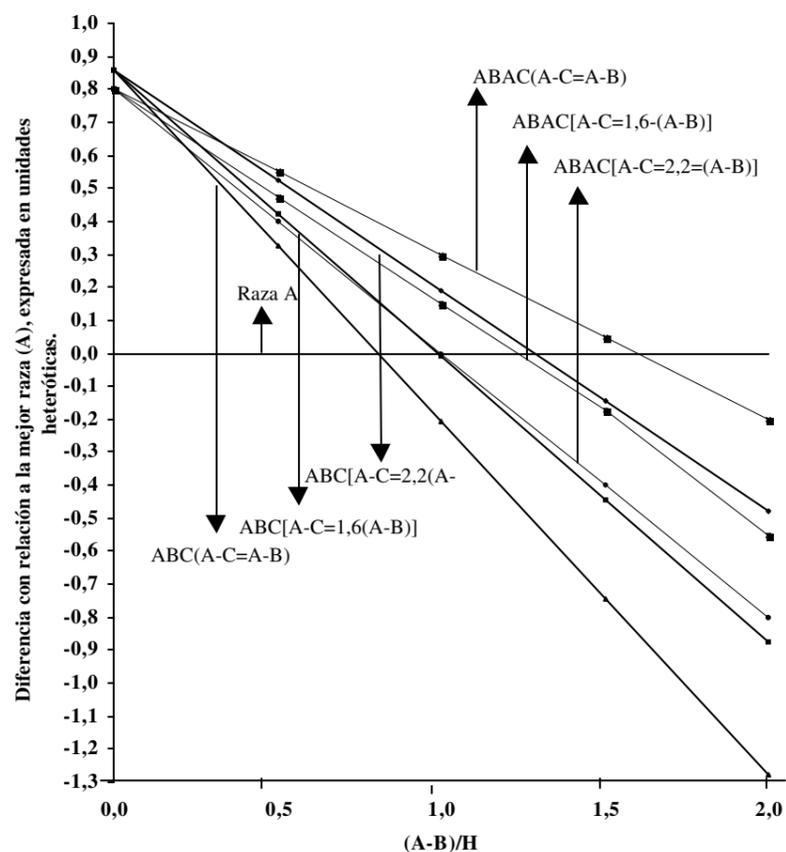


Figura 3. Diferencia esperada con respecto a la mejor raza A del cruzamiento convencional triple (ABC) y del periódico (ABAC) al equilibrio, según la relación entre el mérito de las razas participantes y la magnitud de la heterosis.

El análisis de la Figura 3 permite establecer que, al igual que con la participación de dos razas, los cruzamientos rotacionales triples pierden eficacia en la medida que aumenta la diferencia entre las razas puras. La pérdida observada es también inferior en los periódicos con respecto al convencional ABC al aumentar la relación $(A-B)/H$. En este caso la

superioridad del ABC con relación ABAC se produce sólo con relaciones entre la diferencia de productividad de las dos mejores razas y la heterosis inferiores a 0,35. Los rotacionales ABC y ABAC igualan su eficacia cuando esta relación es de 0,344; 0,263 y 0,214 para las restricciones $(A-C)=(A-B)$; $(A-C)=1,6(A-B)$ y $(A-C)=2,2(A-B)$ respectivamente.

Comentario final.

- Las complicaciones para implementar un cruzamiento rotacional periódico son, en todo sentido, similares a las descritas para los convencionales.
- La eficacia de los sistemas periódicos según la información presentada, demuestra que, teóricamente éstos poseen claras ventajas con relación a los convencionales en determinadas circunstancias.
- En la práctica, sin embargo, con los cruzamientos periódicos podrían cometerse graves equivocaciones, si se llegara a considerar erróneamente a una raza determinada como la mejor, sin serlo. Por lo general la información para cuantificar la magnitud de la heterosis y las diferencias en mérito de las razas puras involucradas en los cruzamientos, se obtienen de la literatura. Difícilmente un predio particular podría disponer de información experimental propia, y las estaciones experimentales han aportado escasa información al respecto en los últimos años. El problema planteado es aun mayor, si se recuerda que no sólo basta conocer el orden de mérito de los distintos biotipos, sino que además, es necesario cuantificar la magnitud de dichas diferencias.
- La probabilidad de disponer de cifras de la literatura que se acerquen a la realidad para un predio en particular en Chile es mayor con la heterosis que con la cuantificación del mérito de las razas puras. La productividad de una raza bovina de carne se encuentra íntimamente ligada a las condiciones ambientales específicas en las cuales ésta se desenvuelve. La literatura publicada confirma, además, que esta realidad se puede hacer extensiva a otras especies destinadas a la producción de carne y también a otros rubros.
- Un problema adicional es la subjetividad con que los agricultores deciden, en muchas ocasiones, la elección de una raza. Es necesario recordar que al implementar sistemas sofisticados de producción, como son los cruzamientos rotacionales, lo que se busca es mejorar los retornos económicos y no características determinadas. La heterosis económica se encuentra influida por numerosos factores, por consiguiente, pretender estimarla sólo a partir de medidas de fácil identificación, puede inducir a cometer importantes errores.
- Por las razones dadas anteriormente, de no disponer de una evaluación confiable de las razas puras, debería preferirse un cruzamiento rotacional de tipo convencional, ya que cualquier error en la elección de alguna estirpe no se verá magnificada, porque en éstos, las diferentes razas participan sólo en una generación en cada ciclo, a diferencia de los periódicos, en que la importancia relativa de las razas en los respectivos ciclos es distinta.

- El análisis presentado demuestra fehacientemente que el éxito de un sistema de cruzamientos dependerá tanto de la magnitud de la heterosis como del desempeño de las razas puras participantes.

Literatura citada.

BENNETT, G.L. 1987. Periodic rotational crosses. II. Optimizing breed and heterosis use. J. Anim. Sci. 65:1477-1486.

MAGOFKE, J.C. y GARCIA, X. 2003. Uso de cruzamientos entre razas para mejorar la productividad en animales. V. Cruzamientos rotacionales convencionales. Circular de Extensión.

-