

USO DEL CRUZAMIENTO ENTRE RAZAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN ANIMALES. II. HETEROSIS EN MEDIDAS QUE INFLUYEN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD AL DESTETE EN EL BOVINO DE CARNE.

Ings. Agrs. Juan Carlos Magofke S. y Ximena García F.

Introducción.

La magnitud de la heterosis en medidas relacionadas con la producción de carne son, por lo general, mayor en las variables que influyen la productividad en las primeras etapas de la vida en los animales. También la información experimental indica que las variables con menor heredabilidad tienden a presentar mayor heterosis en los cruzamientos entre razas.

CUADRO 1. Proyectos de investigación desarrollados en Estados Unidos que informan valores de heterosis individual y materna en diferentes medidas que influyen sobre la productividad en bovinos de carne.

1. Estado	Razas
Nebraska	Angus - Hereford - Shorthorn Angus - Pardo Suizo - Hereford - Red Poll Angus - Hereford
Virginia	Angus - Hereford - Shorthorn
Ohio	Hereford - Charolais
Montana	Angus - Charolais - Hereford
Missouri	Angus - Charolais - Hereford
Indiana	Angus - Milking Shorthorn
Florida	Angus - Brahman - Charolais Angus - Pardo Suizo
Texas	Angus - Brahman - Hereford - Holstein - Jersey
Georgia	Simmental - Limousin - Polled Hereford - Brahman
Dakota del Sur	Red Poll - Hereford.

La información que se presenta a continuación proviene de resultados experimentales obtenidos en ensayos de cruzamientos con bovinos de carne en diferentes regiones de Estados Unidos. Las razas involucradas en estos estudios y la localización de los proyectos se resumen en el Cuadro 1.

El artículo tiene por objetivo informar el valor promedio de heterosis individual y materna para caracteres importantes en la eficacia productiva predestete y analizar el efecto del vigor híbrido en diferentes medidas de productividad, también al destete, en bovinos de carne.

Valores de la heterosis individual y materna en variables que influyen sobre la productividad del bovino de carne al destete.

En el Cuadro 2 se entrega el valor promedio de la heterosis individual y materna obtenido en diferentes estudios para caracteres relacionados con índices reproductivos y de sobrevivencia que influyen sobre la productividad al destete.

CUADRO 2. Valor porcentual promedio de heterosis individual y materna en características reproductivas y de sobrevivencia en bovinos de carne.

Carácter	Heterosis (%)					
	Individual			Materna		
	N	Promedio	Mediana ¹	N	Promedio	Mediana
Largo gestación	4	-0,1		1	-0,3	
Peso al nacer	13	2,6	2,4	6	2,3	1,7
Tasa de preñez	9	2,2	1,5	5	14,7	9,1
Sobrevivencia perinatal	6	2,2		3	1,0	
Dificultad al parto	6	28,6		1	0,4	
Sobrevivencia al destete	11	2,2	2,2	5	8,1	7,3
Edad a la pubertad (vaq.)	4	-4,3				
Peso a la pubertad (vaq.)	4	8,4				
Altura pubertad (vaq.)	3	2,5				
Altura pubertad (toros)	2	0,8				
Edad al primer parto	2	-4,6		1	-0,9	
Peso al primer parto	2	4,5		1	4,3	
Altura al primer parto	2	1,2		1	1,1	

1: Mediana calculada sólo en características con nueve o más estimaciones para la heterosis individual y a lo menos cinco para la heterosis materna.

N: Número de estimaciones obtenidas en diferentes estudios.

Para dificultad al parto un valor promedio de heterosis tiene poca importancia, ya que la magnitud del vigor híbrido dependerá, en gran medida, de la diferencia en el tamaño corporal de las razas involucradas. Los mayores valores se obtienen en los proyectos de Missouri (64,6%) y Ohio (56,0%), donde las razas usadas fueron Angus, Charolais y Hereford, y Hereford y Charolais respectivamente. El menor valor fue observado en el proyecto de Nebraska (1,6%), lugar en que se usaron las razas Angus y Hereford, de tamaño corporal semejante. Estimaciones de heterosis materna son escasas. En el proyecto de Dakota del Sur con las razas Red Poll y Hereford, este parámetro fue negativo, pero muy cercano a 0.

Es de interés, además, analizar características asociadas a facilidad de parto. En diferentes estudios las variables que han demostrado tener una mayor relación con ésta han sido peso al nacer, área pélvica y conformación del ternero. En peso al nacer la heterosis individual promedio de 13 estimaciones se aproximó a 2,6%. La heterosis materna es algo inferior, (Cuadro 2). Los rangos en que fluctúan ambos orígenes de la heterosis, varía entre -0,3 a 8,0% y entre 0,7 a 6,3% respectivamente. Sobre área pélvica existe escasa información. En el proyecto de Georgia los autores estimaron una heterosis individual para área pélvica al año de edad de 4,9%. También son escasas las estimaciones para conformación del ternero al nacer. En el proyecto de Texas se informa una heterosis individual para ancho de espalda y de grupa en terneros al nacer de 1,3 y 0,7% respectivamente y para la heterosis materna, magnitudes de 0,2 y -0,1% en el mismo orden.

Las estimaciones de heterosis individual para edad a la pubertad en vaquillas son siempre negativas y fluctúan entre -3,4 y -6,7%. Peso a la pubertad muestra, en cambio, signo positivo en rangos de 4,3 a 16,2%, lo cual indica que las mestizas tienen una mayor precocidad reproductiva sin que se afecte el peso corporal en esta etapa. En toros, similares estimaciones, sólo es informada en el proyecto de Texas. Los autores estimaron una heterosis individual para edad y peso a la pubertad de -3,6 y 3,4% respectivamente. En este estudio la diferencia del vigor híbrido en vaquillas y toros para peso a la pubertad, obtenido en confinamiento, fue importante (16,2 vs 3,4%), pero los valores para edad a la pubertad fueron muy similares en ambos sexos (3,4 vs 3,6%). Altura a la pubertad presenta una magnitud promedio inferior con respecto a las medidas de peso, situación que ha sido frecuente al comparar estimaciones de heterosis para peso y altura a diferentes edades. La única estimación para tamaño testicular se informa en el proyecto de Dakota del Sur (9,6%), la cual fue relativamente elevada. Las razas usadas en este caso fueron Red Poll y Hereford (Cuadro 1).

La edad al momento de la concepción en vaquillas vírgenes es función de la edad a la pubertad, cuando las hembras paren a los 2 años. En el proyecto de Texas los autores obtienen un valor de -7,6% para la heterosis individual. Se observa la misma tendencia que en edad al primer parto (Cuadro 2), siendo

su magnitud, expresada en porcentaje, también de un nivel similar a la indicada para edad a la pubertad.

Otra característica de gran importancia económica es la fecha de parto cuando el encaste se hace en un período de tiempo restringido. En el proyecto de Dakota del Sur, se obtuvo una heterosis materna de 2,0%.

En el Cuadro 3 se indican valores promedio de heterosis individual y materna para variables de peso, crecimiento y conformación de los terneros al destete y en vacas adultas.

El peso adulto es una importante característica por su estrecha asociación con los requerimientos de mantención del rebaño de cría. La heterosis individual fluctúa entre 3.2 y 7.2%. Similares estimaciones para altura y condición corporal al destete, muestran también valores de heterosis positivos, pero de menor magnitud para altura que para condición corporal. Dado que la altura llega a su máximo antes que el peso, el valor de ésta puede obtenerse más temprano y ser, según algunos especialistas, un estimador eficiente del vigor híbrido de peso adulto. Todas las estimaciones de heterosis para altura, a cualquier edad, han demostrado ser inferiores que para peso vivo, lo que estaría demostrando que existen diferencias entre estas dos medidas de tamaño. La heterosis para condición corporal de las vacas adultas ha mostrado valores superiores a los de altura.

CUADRO 3. Valor porcentual promedio de la heterosis individual y materna en características de peso vivo e incremento de peso al destete y en hembras adultas en bovinos de carne.

Carácter	Heterosis (%)					
	Individual			Materna		
	N	Promedio	Mediana ¹	N	Promedio	Mediana
Peso nacer	13	2,6	2,4	6	2,3	1,7
Δ de peso nacimiento-destete	11	4,9	4,8	2	2,8	
Peso al destete	16	5,0	4,7	10	5,4	5,7
Altura al destete	1	1,5		2	3,7	
Condición corporal al destete	2	4,0		4	4,9	
Peso adulto (vacas)	6	5,5				
Condición corporal (vacas)	2	5,1				
Altura (vacas)	2	1,3				
Índice de madurez	8	-0,7		1	2,2	

1.- Mediana calculada sólo para caracteres con más de nueve estimaciones en la heterosis individual y cinco para la heterosis materna.

El índice de madurez es un concepto que indica la relación del peso vivo en un momento dado con respecto al peso adulto. Su modificación implica

cambios en la curva de crecimiento. Los valores de heterosis obtenidos para esta medida muestran una gran variabilidad entre las diferentes estimaciones. Probablemente influyó en ello el método usado para estimar la variable. Valores de heterosis individual y materna en medidas de productividad.

Incremento esperado en la productividad al destete por lactancia (peso promedio destetado por vaca expuesta toro)

En el proyecto desarrollado en la Estación Experimental de ganado bovino de carne en Fort Robinson, Crawford, conducido por el "USDA" e investigadores de Nebraska se obtuvo, como consecuencia del efecto combinado de una mayor sobrevivencia y mejores tasas de crecimiento, una heterosis individual de 8.5% en la fase 1, al ser evaluada como peso de los terneros destetados por vaca expuesta a toro. En este estudio se usaron las razas Hereford, Angus y Shorthorn.

En el proyecto, las vaquillas nacidas durante dos temporadas, se manejaron con partos a los tres años, para lo cual recibieron 1/2 kg de suplemento proteico por cabeza diariamente durante el primer invierno. Las hembras nacidas en las dos temporadas siguientes, recibieron 2 kg de concentrado al día durante el primer invierno para lograr partos a los dos años.

Las hembras mestizas obtenidas de la fase 1, fueron usadas para evaluar la heterosis materna en la fase 2. El efecto de la heterosis materna fue de 1.7% para peso al nacer y de 3.6 y 4.7% para pesos a los 135 y 200 días respectivamente. El consumo de leche materna a las 6 semanas fue 4.2% mayor en los hijos de vacas mestizas. La heterosis en producción de leche se reflejó en una mayor producción y por generar lactancias más persistentes con un aumento de los efectos heteróticos en la producción de leche en la medida que transcurría la lactancia.

El número de terneros destetados fue 6,4 puntos porcentuales superior en las vacas mestizas en relación a las puras, debido a los mayores porcentajes de preñez y superiores niveles de concepción al primer servicio. En la fase 2 la sobrevivencia de los terneros mestizos hijos de vacas puras y mestizas fue similar.

El efecto de la heterosis materna fue de 1.7% para peso al nacer y de 3.6 y 4.7% para pesos a los 135 y 200 días respectivamente. El consumo de leche materna a las 6 semanas fue 4.2% mayor en los hijos de vacas mestizas. La heterosis en producción de leche se reflejó en una mayor producción y por generar lactancias más persistentes. Se observó un aumento de los efectos heteróticos en la producción de leche en la medida que transcurría la lactancia.

El efecto conjunto del incremento observado en la tasa reproductiva y el peso al destete, dio una ventaja de 14.8% para el peso de los terneros destetados por vaca expuesta a toro, en la progenie de vacas mestizas en relación a los mestizos hijos de vacas puras.

La información que se analiza fue el promedio de dos sistemas de manejo (parto a los dos y tres años). La heterosis materna fue superior en las vacas paridas por primera vez a los tres años (19.0 vs 10.6%). Esto se debió a la mayor heterosis observada en el porcentaje de terneros destetados, ya que el vigor híbrido para peso al destete fue superior para las hembras paridas por primera vez a los dos años (5.8% vs 2.7%). En este último carácter, el vigor híbrido fue mayor en las vacas jóvenes con respecto a las adultas de más de tres años.

El efecto conjunto de la heterosis individual y materna observado en las fases 1 y 2 permite esperar una heterosis total máxima de 23.3%. Es interesante observar la mayor importancia de la heterosis materna, lo cual justifica el uso de sistemas de cruzamientos que permitan un adecuado aprovechamiento de la heterosis materna.

Longevidad productiva.

Núñez-Dominguez et al. (1991a) entregan resultados que demuestran la existencia de ventajas adicionales en favor del uso de madres mestizas producto del incremento de la longevidad de éstas. La capacidad de una vaca para tener una vida productiva prolongada es importante desde un punto de vista comercial, ya que permite disminuir el porcentaje de hembras de reposición y, por lo tanto, reducir los costos; un menor porcentaje de vacas jóvenes permite lograr, además, crías más pesadas al destete y, por consiguiente, incrementar el total de carne producida. Una menor mortalidad en los vientres permite aumentar también los ingresos por concepto de vacas de eliminación.

De la enumeración anterior se desprende que la productividad de la hembra bovina, cuantificada a través del peso total de terneros destetados durante su vida, es un carácter complejo, porque dependerá tanto de su propio comportamiento como el del ternero. El beneficio obtenido es por consiguiente función de la fertilidad, habilidad materna y longevidad de la vaca, así como también de la sobrevivencia pre y posnatal y del crecimiento predestete de la prole.

El criterio de eliminación de hembras usado en el rebaño que se analizó, consideró el descarte de toda vaquilla no preñada en la primera estación de monta. No se practicó selección ni por crecimiento ni por reproducción. Las vacas adultas hasta los 10 años, sólo fueron vendidas si quedaban vacías durante dos estaciones de encaste sucesivas y sólo eran eliminadas por enfermedad o lesiones graves. Bajo este criterio (actual), la heterosis individual de la longevidad obtenida por Núñez-Domínguez *et al.* (1991) fue de 16,2%. En un escenario simulado (impuesto) con eliminación de toda hembra adulta vacía, el valor de la heterosis fue de 15.8%. Bajo el criterio actual la longevidad del Hereford, Angus y Shorthorn fue de 8.46; 9.41 y 7.28 años respectivamente. En el mismo orden en el sistema impuesto, los valores habrían sido de 6.49; 7.16 y 5.18 años. La mayor heterosis para longevidad se

observó en las mestizas Hereford - Angus. Según el criterio actual ésta alcanzó a un 21,0%.

Una de las principales razones que contribuyen a una mayor longevidad es la condición dental. La heterosis para el estado de las piezas dentales que considera el desgaste y pérdidas, fue muy elevada en el proyecto de Nebraska (37.03%).

Incremento esperado en la eficiencia económica.

Nuñez-Domínguez *et al.* (1992) cuantifican la importancia de la heterosis sobre la eficiencia económica en un rebaño estabilizado al considerar distintas edades de eliminación en las hembras reproductoras. Para ello compararon el comportamiento de vacas puras y mestizas, ambas produciendo terneros mestizos con el mismo nivel de heterocigosis.

Los vientres mestizos requirieron aproximadamente un 2% menos de vaquillas de reemplazo debido a la heterosis positiva sobre la sobrevivencia de las vacas (Nuñez-Domínguez *et al.*, 1991a). El costo de los reemplazos fue, por consiguiente, inferior en el rebaño de madres mestizas con relación a las puras. A pesar de que las vacas mestizas tuvieron menor mortalidad y eran más pesadas que las puras, el ingreso logrado por la eliminación de estos vientres fue inferior. Esto ocurrió porque el costo de mantención fue más elevado en el rebaño de vacas híbridas, a pesar de requerirse menos vaquillas de reemplazo con respecto a los vientres puros. La gran diferencia en el ingreso, se produjo por concepto de venta de terneros, lo cual favoreció a las madres mestizas cualquiera fuese la edad de eliminación de los vientres. De esta forma, aun cuando los costos totales fueron superiores en los rebaños con vientres mestizos con respecto a los puros, la ventaja observada por venta de terneros compensó ampliamente el mayor costo por este concepto.

La estimación de la heterosis individual y materna para la relación costo/ingreso fue aproximadamente de un 6% tanto para el efecto de la heterosis individual como materna. De esta forma los costos totales por unidad de ingreso se reducen en aproximadamente un 12% para vacas media sangre que producen terneros mestizos triples. La heterosis máxima económica alcanzaría esta magnitud según la relación de precios alimento-carne existente en Estados Unidos. Por supuesto que este cociente puede ser muy diferente dependiendo de la situación específica de precios para los insumos y productos finales generados en cada lugar. La fuerte reducción observada de la heterosis materna económica comparada con la biológica puede adquirir, por consiguiente, magnitudes muy distintas de acuerdo a las características del mercado.

Heterosis en producción de carne al destete en otras especies.

De acuerdo a la información entregada por Pitchford (1993) las estimaciones de incremento en la productividad en ovinos destinados a la producción de carne es superior a la esperada en bovinos. Tanto en ovinos como en caprinos es posible obtener un aumento adicional a través del incremento en la prolificidad, variable que no interviene en vacunos.

Las estimaciones de heterosis en ovinos cuantificada a través del peso de los corderos destetados por oveja encastada fluctúan en un rango de 25 a más de 50%. Estos valores se obtienen en su mayor parte por el incremento de la tasa reproductiva en las hembras mestizas. Según Pitchford y Ch'ang (1990) las heterosis estimadas para peso y sobrevivencia al destete fluctúan, en general, entre 5 y 10%. El vigor híbrido individual para la tasa de crecimiento, según los autores cambia a lo largo del desarrollo hasta el peso adulto, promediando aproximadamente un 7% para peso al destete. La heterosis materna también es cercana al 7% al destete, pero puede hacerse negativa (-6%) para incremento de peso diario posdestete.

En especies múltiparas (cerdos) y en aves, por el sistema de manejo y por presentar una prolificidad sustancialmente mayor, se emplean sistemas de cruzamientos de mayor sofisticación los cuales requieren un análisis particular.

Comentario final.

- 1.- Es un error cuantificar la posible ventaja que podrían tener los cruzamientos evaluando solamente algunas variables que determinan la productividad al destete, ya que éstas presentan, por lo general, heterosis medianas o bajas.
- 2.- La heterosis para medidas de productividad biológica al destete son altas o muy elevadas, según sea el método usado para evaluarlas.
- 3.- A pesar de que la heterosis para productividad es elevada el vigor híbrido económico es sólo mediano. Este fenómeno obedece a que la exteriorización de la heterosis requiere suplir adecuadamente los mayores requerimientos que se producen. La magnitud de esta medida dependerá, en consecuencia, de la relación de precio alimento-carne.
- 4.- Los cruzamientos posibles de implementar pueden presentar ventajas adicionales a la que se obtiene exclusivamente a través de la heterosis, por este motivo la información entregada hasta el momento no es suficiente para tomar decisiones.

Literatura citada.

CUNDIFF, L.V., NUÑEZ-DOMINGUEZ, R., DICKERSON, G.E., GREGORY, K.E. and KOCH, R.M. 1992. Heterosis for lifetime production in Hereford, Angus and Shorthorn and crossbred cows. J. Anim. Sci. 70: 2397-2405.

NUÑEZ-DOMINGUEZ, R., CUNDIFF, L.V., DICKERSON, G.E., GREGORY, K.E. and KOCH, R.M. 1991. Lifetime production of beef heifers calving first at two vs three years of age. J. Anim. Sci. 69: 3467 - 3479.

NUÑEZ-DOMINGUEZ, R., DICKERSON, G.E., CUNDIFF, L.V., GREGORY, K.E. and KOCH, R.M. 1992. Economic evaluation of heterosis and culling policies for lifetime productivity in Hereford, Angus, Shorthorn, and crossbred cows. J. Anim. Sci. 70: 2328 - 2337.

PITCHFORD, W.S. and CH'ANG, T. S. 1990. Genetic and environmental effects on growth of lambs resulting from various crosses between the Dorset Horn, Merino and Corridale breeds of sheep. Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Genet., 8:141-150.

PITCHFORD, W.S. 1993. Growth and lambing performance of ewes from crosses between the Dorset Horn, Merino and Corridale. Livest. Prod. Sci. 33:127-139.