

Incrementar la Rentabilidad Económica de la Empresa Lechera. Selección y Cruzamiento

● **Dr. N. López-Villalobos,**
Institute of
Veterinary, Animal
and Biomedical
Sciences, Massey
University, Nueva
Zelanda

● **Ing. Agr. E. A. Comerón,**
INTA Rafaela

● **Ing. Agr. J. Baudracco,**
Fac. Cs. As.
Esperanza, UNL

Los sistemas de cruzamiento combinados con los efectos de la selección, mejoran los animales de las futuras generaciones. Sus beneficios solo pueden ser explotados a través de una planificación cuidadosa para combinar las razas disponibles y para seleccionar los animales de reemplazo, dentro de estas razas. Estos sistemas son seriamente considerados en varios países, porque las formas de pago han cambiado a un sistema de múltiples componentes, donde la proteína se paga con un diferencial más alto que la grasa, y el volumen de la leche es penalizado.

- El mejoramiento genético del ganado lechero se ha logrado a través de la selección dentro de cada raza, debido a que las asociaciones de raza pura tuvieron un papel muy activo en las decisiones relacionadas con programas de mejoramiento y, también, a que el objetivo de selección es mejorar la producción de leche por vaca, estimulado por el sistema de pago, exclusivamente, por litros de leche. Esto originó el proceso de *Holsteinización* en el mundo, lo cual se asoció a una disminución en la sanidad, fertilidad y sobrevivencia de las vacas de esta raza. Actualmente, los sistemas de pago por leche evolucionaron hacia un sistema de componentes múltiples, en los que se paga la grasa y la proteína en forma diferencial y, en algunos casos, como en Nueva Zelanda y algunas empresas de la Argentina, con cargos por volumen. Estas dos razones propiciaron, en gran medida, que el cruzamiento sea considerado como una alternativa para mejorar la rentabilidad de la empresa lechera a través de la reducción de los costos de sanidad, reemplazos y alimentación, y el incremento del ingreso por leche.

Se entiende por cruzamiento al apareamiento entre animales de razas diferentes. Es un método para explotar la variación entre razas y el vigor híbrido. Las bases teóricas de los efectos del cruzamiento en el ganado lechero, se presentaron en varias conferencias. Generalmente, se acepta que el vigor híbrido o heterosis es el resultado de los efectos de dominancia y de epistaxis y de las frecuencias de los diferentes alelos de cada locus que contribuyen a la expresión de una característica.

En la última década, el cruzamiento ha sido evaluado como alternativa para incrementar la rentabilidad económica de la empresa lechera en varios países, incluyendo Canadá, Estados Unidos, Irlanda, Argentina y Chile.

Efectos de raza y de heterosis

Las diferencias en el comportamiento productivo, reproductivo y de sobrevivencia entre razas, son una fuente importante de recursos genéticos para mejorar la eficiencia productiva y económica de los sistemas de producción de leche. La diversidad entre las razas permite hacer uso del vigor híbrido (o heterosis) y de la complementación entre las razas a través de sistemas de cruzamiento que posibilitan desarrollar sistemas de producción, con ganado lechero, que hagan un óptimo uso de los recursos alimenticios y climatólogicos, permitiendo lograr un máximo ingreso neto para el productor.

En el cuadro 1 se muestran las diferencias en producción de leche, grasa y proteína por lactancia, peso corporal adulto y porcentaje de grasa y proteína de las principales razas lecheras de los Estados Unidos y de Nueva Zelanda.

En general, los efectos de heterosis han sido reportados como favorables para las características de importancia económica en ganado lechero (Cuadro 2).

Sistemas de cruzamiento

Los sistemas de cruzamiento deben ser sistemáticamente bien planificados, para aprovechar óptimamente las diferencias y la complementación entre las razas, así como los efectos de heterosis.

Los sistemas de cruzamiento más comúnmente usados son los siguientes:

- Cruzamiento entre dos razas
- Retrocruza
- Cruzamiento rotacional entre dos razas
- Cruzamiento rotacional entre tres razas
- Static Terminal Sire
- Rotational Terminal Sire

● Cuadro 1. Producción de leche, grasa y proteína por lactancia, peso adulto y porcentaje de grasa y proteína de las principales razas lecheras de Estados Unidos y Nueva Zelanda."

Raza	Peso adulto (kg)	Producción por lactancia (305 días)			composición de la leche	
		Leche (kg)	Grasa (kg)	Proteína (kg)	Grasa %	Proteína %
Estados Unidos						
Holstein	680	10.480	382	315	3,6	3,0
Ayrshire	550	7.492	288	235	3,8	3,1
Pardo Suiza	680	8.414	338	278	4,0	3,3
Guernsey	520	7.175	317	234	4,4	3,3
Jersey	450	7.365	337	261	4,6	3,5
Shorthorn lechera	590	6.661	237	206	3,6	3,1
Heterosis general	3,0%	3,4%	4,4%	4,1%		
Nueva Zelanda						
Holstein-Friesian "HF"	489	4.184	181	148	4,4	3,5
Jersey "J"	381	2.989	170	122	5,7	4,1
Cruza "HF-J"	441	3.765	186	143	5,0	3,8
Ayrshire "A"	435	3.731	162	133	4,4	3,6
Heterosis específica :						
HF x J	2,2%	3,9%	4,4%	4,1%		
HF x A	0,0%	2,2%	2,1%	2,1%		
J x A	7,1%	4,3%	4,9%	4,4%		

La heterosis es la diferencia entre el comportamiento productivo de los animales de primera cruce (F1) y el promedio del comportamiento productivo de las razas parentales ((P1 + P2)/2). Por ejemplo, en Nueva Zelanda las producciones de grasa promedio por vaca fueron de 181,1; 170,2 y 183,4 kg de las vacas Holstein-Friesian (F), Jersey (J) y de las F1 FxJ, respectivamente.

$$\begin{aligned} \text{Heterosis (kg)} &= 183.4 - \frac{(181.1 + 170.2)}{2} \\ &= 183.4 - 175.7 \\ &= 7.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

La heterosis es frecuentemente reportada como el porcentaje del promedio del comportamiento productivo de las razas parentales:

$$\text{Heterosis (\%)} = \frac{F_1 - \frac{(P_1 + P_2)}{2}}{\frac{(P_1 + P_2)}{2}} \times 100$$

● Cuadro 2. Promedios y rango de heterosis para diferentes características del ganado lechero en climas templados.

Rasgo	Heterosis			
	Promedio	Rango		
	(%)			
Producción				
Leche (kg/lactancia)	4.7	-0.7	A	12.0
Sólidos totales (kg/lactancia)	5.6	1.3	A	8.6
Grasa (kg/lactancia)	5.6	-0.1	A	12.8
Proteína (kg/lactancia)	4.7	-1.7	A	10.5
Leche por vida productiva (kg)	16.5			
Grasa por vida productiva (kg)	20.0			
Proteína por vida productiva (kg)	17.2			
Composición				
Sólidos no grasos (%)	0.4	-0.2	A	1.2
Grasa (%)	0.2	-2.6	A	2.8
Proteína (%)	-0.3	-3.3	A	1.0
Peso vivo de una vaca madura (kg)				
	3.0			
Reproducción				
Días del parto al primer celo	3.8	-0.8	A	9.1
Días abiertos	-5.8	-21.7	A	9.4
Servicios por concepción	9.4	5.9	A	17.8
Incidencia de dificultad al parto	2.3	68.7	A	61.9
Sobrevivencia				
Sobrevivencia perinatal (%)	4.4	-2.8	A	15.5
Vida en el rodeo (días)	9.8			
Eficiencia económica por vaca				
Ingreso neto por lactancia (\$NZ)	11.8	-6.9	A	28.9
Ingreso neto anualizado (\$NZ)	20.6			

1Ingreso total menos costos de alimentación, tratamientos veterinarios, mantenimiento de la vaca durante el periodo seco e ingresos no percibidos debido a la mortalidad de la vaca.

Cruzamiento entre dos razas. En este sistema, una vaca de raza pura A es apareada con un toro de raza pura B, resultando en la primer cruce (F1), que contiene 50% de los genes de la raza A y 50% de los genes de la raza B. Este sistema de cruzamiento es frecuentemente usado en el ganado de carne o porcinos donde la progenie que resulta de la cruce es, generalmente, vendida para sacrificio o vendida al sector comercial. En ganado lechero, este sistema no es sostenible, y los productores solo obtienen las primeras vacas cruces en la primera generación, cuando introducen una nueva raza en el rodeo. En las vacas F1 se obtiene el 100% de la expresión del vigor híbrido.

Retrocruza. En este sistema las vacas cruce F1 son apareadas con toros de raza pura de una de las razas parentales (Figura 1). La progenie resultante contiene 75% de los genes de una de las razas parentales y 25% de la otra raza. En este sistema de cruzamiento solo se aprovecha el 50% del vigor híbrido, y no es sostenible en ganado lechero ya que se requeriría el suministro continuo de las vacas de primera cruce.

Cruzamiento absorbente. Este sistema consiste en el uso continuo de toros de una raza A sobre vacas de otra raza B; básicamente, es la continuación de la retrocruza hasta llegar prácticamente al 100% de la raza A. Los niveles de heterosis, paulatinamente se van reduciendo hasta llegar a 0% (Figura 2). El cruzamiento absorbente es una forma de introducir una raza de alto valor genético, usando las vacas de una población local.

Cruzamiento rotacional entre dos razas. En este sistema de cruzamiento se utilizan toros de las dos razas. Las hijas de un toro de la raza A, son apareadas con toros de la raza B. Después de varias generaciones de apareamiento rotacional, las vacas tendrán 2/3 de los genes de la raza paterna y un tercio de la raza materna. Este sis-

tema de cruzamiento aprovecha el 67% del vigor híbrido y es una forma sostenible de cruzamiento en ganado lechero, ya que hay suministro continuo de las vacas producidas en el mismo rodeo (Figura 3). Este sistema de cruzamiento también aprovecha la combinación entre razas.

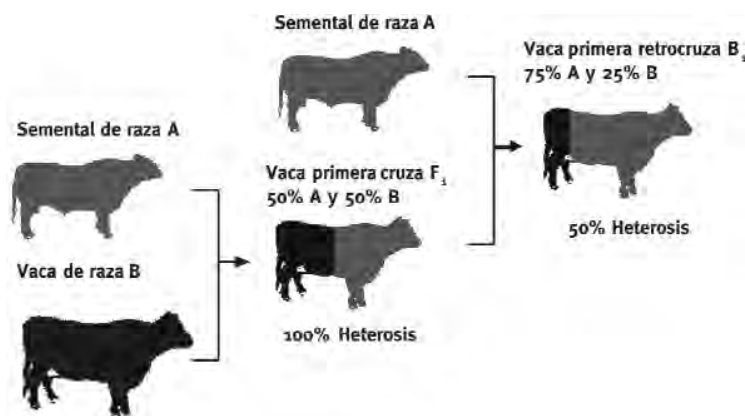
Cruzamiento rotacional entre tres razas. Este sistema de cruzamiento permitiría la explotación del vigor híbrido en un 86%, pero con más necesidades de manejo y de registros.

Para evaluar sistemas de cruzamientos es importante predecir la producción esperada de los animales cruzados, producto de animales de razas puras o de los mismos animales cruzados. Considerando solo los efectos de raza y de heterosis, la producción esperada de cualquier combinación de dos o más razas, es el promedio de las medias de cada raza, ponderada por la proporción racial de la vaca cruce más los efectos de heterosis. Por ejemplo, la producción esperada de producción de grasa de una vaca hija de una vaca primera cruce Holstein-Friesian x Jersey y de un toro Jersey sería la siguiente:

Cruzamiento para incrementar la rentabilidad de la empresa lechera

Las diferencias entre las razas y los efectos de cruzamiento sobre la producción de leche la grasa y la proteína, el peso vivo, la sobrevivencia y la fertilidad, han motivado a muchos productores a implementar el cruzamiento en sus rodeos. Varios investigadores desarrollaron un modelo para simular diferentes sistemas de apareamiento y evaluar los efectos acumulados del cruzamiento para varias características. Aplicando este modelo para Nueva Zelanda, efectuaron una actualización de los sistemas de apareamiento, usando los efectos de raza y de cruzamiento así como costos y valores de leche y carne promedios del año 2005. La producción de leche esperada y los requerimientos de materia seca de vacas bajo dis-

● Figura 1. Retrocruza entre dos razas.



tintos sistemas de apareamiento se pueden observar en el cuadro 3. La rentabilidad económica y diferentes medidas de eficiencia productiva y económica se presentan en el cuadro 4.

El sistema de apareamiento, utilizando vacas puras Holstein-Friesian resultó en vacas que fueron las más pesadas, con las producciones de leche y proteína más altas por vaca y con los más altos requerimientos de materia seca. Por el contrario, el sistema de apareamiento usando vacas Jersey resultó en vacas que fueron las más livianas, con las producciones de leche y proteína más

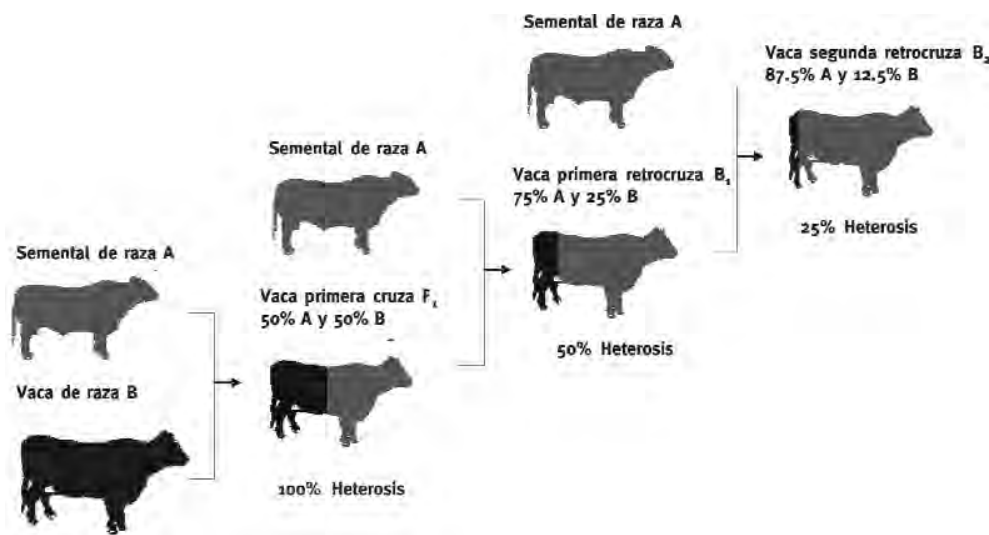
bajas por vaca, y con los más bajos requerimientos de materia seca.

Las vacas del sistema rotacional F J tuvieron una producción de grasa por vaca similar a las del rodeo Holstein-Friesian.

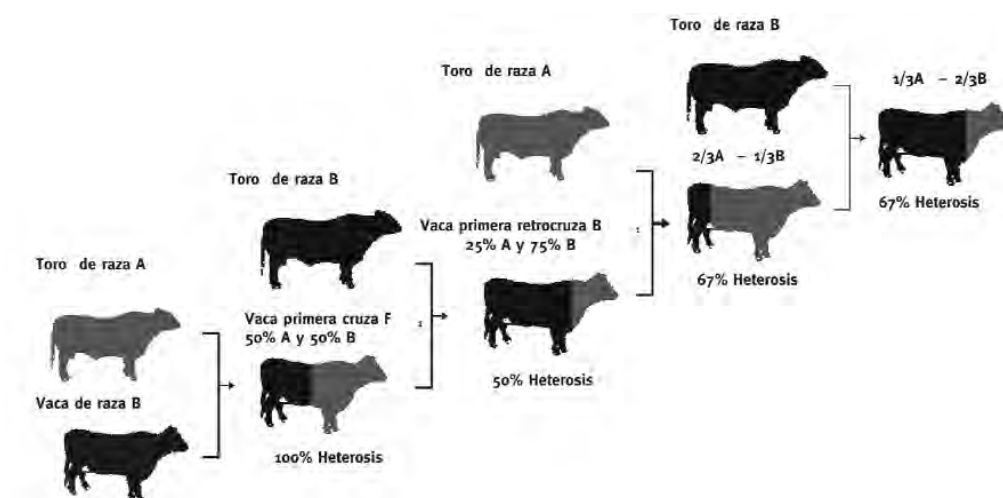
Las vacas Jersey tuvieron la más alta conversión alimenticia [(kg grasa + kg proteína)/t materia seca] y eficiencia biológica [(kg grasa + kg proteína)/kg de peso metabólico], mientras que las vacas Holstein-Friesian y Ayrshire fueron las menos eficientes.

$$\text{Producción de grasa (kg)} = \frac{1}{4} (181.1) + \frac{3}{4} (170.2) + 50\% (7.7) = 176.775$$

● Figura 2. Cruzamiento absorbente usando toros de la raza A.



● Figura 3. Cruzamiento rotacional entre dos razas usando toros de raza pura.



El ingreso neto por hectárea, en lugar del ingreso neto por vaca, es la medida más importante de la rentabilidad económica de la empresa lechera de Nueva Zelanda. El rodeo, utilizando toros puros Holstein-Friesian y Jersey, en un sistema rotacional, tuvo el ingreso neto más alto por hectárea (NZ\$ 1068), seguido por el sintético F J (NZ\$ 1047).

Estos resultados concuerdan con otros estudios llevados a cabo en los Estados Unidos, Canadá y la Argentina. Un equipo de investigadores resumió los resultados de un proyecto de cruzamiento entre las razas Holstein y Guernsey en los Estados Unidos, desde 1949 a 1969, y concluyó que las vacas cruza fueron superiores en un 14,9% y 11,4%, comparado con el promedio de las razas puras en ingre-

so neto por vaca por lactancia e ingreso neto por vaca por año, respectivamente. Otro equipo de investigadores reportaron los resultados de un experimento sobre cruzamiento llevado a cabo en Canadá, desde 1972 a 1983, considerando las razas Holstein y Ayrshire. La estimación de heterosis para ingreso neto anualizado por vaca fue de 20,6%. Estos autores concluyeron que un sistema rotacional entre dos razas podría incrementar la rentabilidad económica de un rodeo comercial. Investigadores del INTA Rafaela reportaron que bajo condiciones pastoriles en esa unidad experimental, el ingreso neto por hectárea de un rodeo Jersey y de un rodeo cruza Holando x Jersey fue superior en un 28 y 14% comparado con un rodeo modal Holando (Cuadro 5).

● Cuadro 3. Producción de leche y requerimientos de materia seca de vacas Holstein-Friesian (F), Jersey (J) y Ayrshire (A) en Nueva Zelanda, bajo diferentes sistemas de apareamiento en condiciones de pastoreo.

	Razas puras			Rotacional entre dos y tres razas				Sintético
	F	J	A	F x J	F x A	J x A	F x J x A	F x J
Producción por vaca								
Leche (l/año)	4167	2974	3739	3663	4012	3454	3733	3640
Grasa (kg/año)	183	173	164	183	176	174	179	182
Proteína (kg/año)	146	122	134	138	142	132	138	137
Peso vivo (kg)	490	378	442	440	466	419	443	439
Longevidad (lactancias)	4.76	4.76	4.76	5.18	5.01	5.00	5.15	5.07
Tasa reemplazo (%)	21.0	21.0	21.0	19.3	20.0	20.0	19.4	19.7
Requerimientos de materia seca por año								
Mantenimiento (kg)	1968	1627	1824	1819	1897	1754	1828	1814
Producción (kg)	2133	1825	1923	2034	2057	1931	2021	2020
Preñez (kg)	257	198	232	231	245	220	233	230
Total ajustado (kg)	4454	3732	4064	4176	4290	3991	4172	4156
Reemplazos (kg)	735	561	658	603	662	593	610	613
Total por vaca (kg)	5189	4292	4722	4779	4951	4584	4782	4768

● Cuadro 4. Rentabilidad (en NZ\$) de vacas Holstein-Friesian (F), Jersey (J) y Ayrshire (A) en Nueva Zelanda, bajo diferentes sistemas de apareamiento en pastoreo.

	Razas puras			Rotacional entre dos y tres razas				Sintético
	F	J	A	F x J	F x A	J x A	F x J x A	F x J
Por vaca por año								
Ingreso por leche	1331	1183	1215	1293	1291	1235	1281	1284
Ingreso por carne	146	99	124	115	127	110	117	114
Ingreso bruto	1477	1283	1339	1408	1417	1345	1398	1398
Costos variables /vaca	229	229	229	229	229	229	229	229
Costos de reemplazo	40	40	40	37	38	38	37	38
Costos de alimentación	778	644	708	717	743	688	717	715
Costos totales	1048	913	977	983	1001	946	975	973
Ingreso neto	429	370	362	425	416	399	423	425
Eficiencia								
Sólidos ¹ /t MS	73,87	79,05	73,33	76,83	74,11	76,57	75,96	76,67
Sólidos/kg PV ^{0,75}	3,16	3,44	3,09	3,34	3,17	3,30	3,28	3,32
Ingreso neto /t MS	82,79	86,11	76,53	88,99	82,27	85,11	86,71	87,25
Ingreso neto /ha	993	1033	918	1068	987	1021	1040	1047

¹ Sólidos = grasa + proteína.

De los resultados obtenidos se desprende, en primer lugar, el importante efecto que tiene la composición química de la leche (porcentajes) sobre el precio de la leche. Si bien la producción individual del tambo "Holando" es superior, esto se vería compensado por la mayor carga animal (Vaca Total/ha ocupada por Vaca Total), que permitiría el sistema con las cruza o las Jersey (20 o 30% más, respectivamente). Como consecuencia, los ingresos brutos o el monto de la facturación resultante en los planteos cruza o Jersey son superiores en un 7 o un 12%, respectivamente, con respecto al tambo modal. La mayor carga animal (o mayor cantidad de animales) en los planteos con cruza o con Jersey aumenta, en forma muy moderada, los gastos totales (alrededor del 5%). Por consiguiente, el ingreso neto (Ingresos brutos - gastos en efectivo - amortizaciones) es superior (+14 y + 28%, respectivamente.) con respecto al tambo modal.

Selección y cruzamiento para incrementar la rentabilidad de la empresa lechera a corto y largo plazo

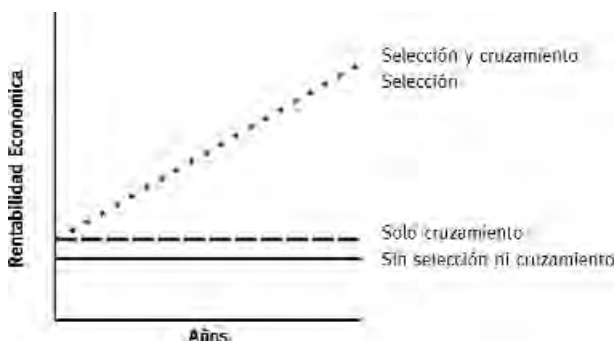
Un programa de mejoramiento genético logra mejorar los animales de las futuras generaciones a través de la selección y apareamiento de los mejores animales disponibles en la presente generación. Los beneficios totales de los efectos del cruzamiento solo pueden ser explotados a través de una planificación cuidadosa para combinar las razas disponibles y para seleccionar los animales de reemplazo dentro de estas razas. El cruzamiento no cambia los genes que están presentes en la población, sino que explota la mejor combinación entre los genes de diferentes razas. Por la tanto, los beneficios del cruzamiento solo son mantenidos en la medida en que los niveles de heterosis también se mantengan. Esto es ilustrado en la Figura 4, donde se observa que una población puede ser rápidamente mejorada por un sistema de cruzamiento; pero, si no hay un mejo-

● Cuadro 5. Parámetros económicos más destacados de la comparación efectuada sobre tres tambos con rodeos de diferentes biotipos (valores en pesos argentinos, correspondientes al año 2003).

Parámetros económicos	Tambo Holando	Cruza H x J	Jersey
Precio de leche (cv/litro)	39,8	44,1	49,3
Ingresos brutos (\$/año)	334.600	357.600	372.800
Gastos en \$/año (cv/litro) :			
• Alimentación (P-F-C)	80.090 (10,0) ¹	80.510 (10,5 -9,0) ²	80.720 (11,2 -8,1) ²
• Mano de obra	47.700 (6,0) ¹	50.900 (6,6 -5,7) ²	53.450 (7,4 -5,4) ²
• Otros	104730 (13,1) ¹	111370 (14,5 -12,5) ²	111320 (15,4 -1,2) ²
Costo (centavos/litro) :			
• Corto plazo	29,1	32,6 (27,3) ³	34,0 (24,7) ³
• Mediano plazo	30,6	33,2 (28,7) ³	35,7 (26,0) ¹
Ingreso neto : \$/año	89.560	102.300	114.790
\$/ha/año	755	860	965

(1) Valor expresado en centavos/litro de leche producido - (2) Valor expresado en centavos/litro de leche producido - Idem pero corrigiendo el volumen de la leche Jersey con los valores de GB y PT de la Holando. (3) Valor expresado en centavos/litro de leche producido y corrigiendo el volumen de la leche Jersey con los valores de GB y PT de la Holando.

● Figura 4. Efectos de selección y cruzamiento.



ramiento continuo, los niveles de heterosis se pierden. En cambio, los efectos de cruzamiento tienden a ser siempre favorables en la medida que un esquema de selección es mantenido. La situación ideal para una empresa lechera es aquella en la que se logra combinar los efectos de selección con los efectos de cruzamiento.

Conclusiones

Desde hace varios años se utiliza, ampliamente, el cruzamiento en el ganado lechero y ha sido investigado, en otros países, como una alternativa para mejorar la rentabilidad de la empresa lechera. Existe suficiente evidencia de los efectos favorables del cruzamiento sobre las características relacionadas con la fertilidad, la

sobrevivencia y la producción de las vacas. El efecto acumulado de los efectos de heterosis para cada una de las características podría resultar en una heterosis económica. Los sistemas de cruzamiento están siendo seriamente considerados en varios países, porque los siste-

mas de pago han cambiado a un sistema de múltiples componentes donde la proteína es pagada con un diferencial más alto que la grasa y el volumen de leche es penalizado. El mejoramiento genético del ganado lechero a través de cruzamiento se logra solo para una generación; el mejoramiento real es dado por el uso de toros de alto valor genético, los cuales provienen de un esquema de selección con un objetivo claramente definido. ■

Bibliografía

- Cassell, B. 2007. *Mechanisms of inbreeding depression and heterosis for profitable dairying*. 4th Biennial W. E. Petersen Symposium "Crossbreeding of Dairy Cattle: The Science and the Impact". Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul, US.
- Comeron, E.A., Romero, L.A., Cuatrin, A. y Maciel, M., 2005. El efecto racial o genético. En : *Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad*. 2da edición. INTA EEA Rafaela. 119-134.
- González-Verdugo, H., Magofke, J. C. y Mella, C. 2005. *Productividad, consumo y eficiencia biológica en vacas Frison Neocelandés y F1 (Jersey-Frison Neocelandés) paridas a fines de invierno en la X región, Chile*. Archivos de Medicina Veterinaria XXXVII: 37-47.
- López-Villalobos, N. 1998. *Effects of crossbreeding and selection on the productivity and profitability of the New Zealand dairy industry*. Ph.D. Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- López-Villalobos, N. and Garrick, D. J. 2002. *Economic heterosis and breed complementarity for dairy cattle in New Zealand*. Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France. Communication No. 01-37.
- López-Villalobos, N., Garrick, D. J., Holmes, C. W., Blair, H. T. and Spelman, R. J. 2000. *Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand*. Journal of Dairy Science 83: 144-153.
- McAllister, A. J. 2002. *Is crossbreeding the answer to questions of dairy breed utilization?* Journal of Dairy Science 85: 2352-2357.
- McAllister, A. J., Lee, A. J., Batra, T. R., Lin, C. Y., Roy, G. L., Vesely, J. A., Wauthy, J. M. and Winter, K. A. 1994. *The influence of additive and nonadditive gene action on lifetime yields and profitability of dairy cattle*. Journal of Dairy Science 77: 2400-2414.
- Van Raden, P. M. and Sanders, A. H. 2003. *Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle*. Journal of Dairy Science 86: 1036-1044.
- Van Raden, P. M., Tooker, M. E., Cole, J. B., Wiggans, G. R. and Megonigal, J. H. Jr. 2007. *Genetic evaluations for mixed-breed populations*. Journal of Dairy Science 90: 2434-2441.

* Lista completa de referencias disponible por demanda.