

CRUZAMIENTOS Y PRODUCCIÓN DE LECHE

I CRUZAMIENTOS EN BOVINOS DE LECHE.

Humberto González V. y Juan Carlos Magofke S.

Departamento de Producción Animal.

Facultad de Ciencias Agronómicas.

Universidad de Chile, Santiago.

1. INTRODUCCIÓN

A diferencia de lo ocurrido en bovinos de carne, el cruzamiento entre razas o líneas genéticamente distantes no ha sido, en países de clima templado, una estrategia difundida para el mejoramiento de la productividad del ganado lechero. Las razones que explican este hecho pueden ser de variada índole, sin embargo, el destacado mérito alcanzado por la raza Holstein puede ser una razón importante. Esta superioridad es particularmente notable en sistemas intensivos, que propician altas producciones individuales, en los que se otorgan condiciones ambientales que permite la exteriorización de una buena parte del potencial genético del animal para dicho carácter. Lo anterior se expresa en desmedro del contenido de sólidos lácteos y, generalmente, de la tasa reproductiva.

Un escenario distinto se advierte en sistemas pastoriles, en los que el objetivo final es maximizar la productividad por unidad de superficie. El logro de éste, restringe la producción por vaca en alrededor de un 20% del máximo posible de alcanzar bajo dichas condiciones; hecho que, además, tiende a equiparar la productividad de los diferentes tipos raciales. Por otra parte, para trabajar con una carga animal alta es menester optimizar la producción por kilogramo de peso vivo; favoreciéndose el empleo de vientres de menor tamaño. Otro considerando importante se relaciona con la necesidad imperiosa de compatibilizar los objetivos antes descritos con una alta eficiencia reproductiva. Estas condicionantes permiten visualizar en los cruzamientos interraciales una herramienta promisoria, tendiente a incrementar la competitividad de los sistemas pastoriles de producción. El mestizaje entre diferentes razas permite acelerar el mejoramiento genético al combinar efectos aditivos, producto de la complementación racial, y el vigor híbrido expresado en características de importancia económica.

En el presente trabajo se muestran los principales antecedentes a tomar en consideración ante la eventual implementación de un sistema de cruzamientos en ganado lechero, identificando aquellas situaciones productivas que los hagan económicamente atractivos. Debido a la importancia que puede tener en la ganadería regional; el análisis considera como eje central para el desarrollo del tema al cruzamiento Frisón x Jersey.

2. SELECCIÓN RACIAL

Los logros de un programa de cruzamientos dependen tanto de la magnitud de la heterosis o vigor híbrido, así como de la adecuada selección de las razas que originen los animales mestizos. Ambas condiciones tienen gran importancia, realidad que en numerosas ocasiones se olvida, suponiéndose que el éxito depende exclusivamente de la magnitud de la heterosis (Magofke y García, 2002).

Revisar todas las opciones raciales existentes escapa al objetivo de este trabajo. Por este motivo, la presentación se centra en el análisis comparativo de las principales estirpes lecheras, existentes a nivel regional, que han sido evaluadas en cruzamientos en sistemas de producción de leche en pastoreo.

Comportamientos de biotipos Holstein y Frisón

Los biotipos Overo Negro han alcanzado una basta distribución a nivel mundial. Dentro de este grupo, de ancestro común, se identifican hoy en día marcadas diferencias en características productivas y funcionales, producto de distintos procesos de selección. El germoplasma de tipo Holstein, proveniente principalmente de los Estados Unidos y Canadá se ha utilizado masivamente a nivel mundial durante los últimos años. En estos países el desarrollo selectivo se ha orientado principalmente a la búsqueda de una alta productividad individual, asociada a mayores requerimientos nutricionales. Este proceso ha sido altamente eficiente en sistemas intensivos, caracterizados por otorgar altos niveles de suplementación; en la mayoría de los casos bajo condiciones de estabulación, sin acceso a pradera (Magofke y González, 1999).

En países de orientación productiva pastoril, el mejoramiento genético y el manejo otorgado a los animales permiten identificar en la actualidad un biotipo de características productivas y funcionales que le son propias. Un ejemplo bien documentado es el llevado a cabo en Nueva Zelanda. En este caso los criterios de selección y los tipos raciales empleados han evolucionado a través del tiempo, adecuándose a las diferentes condiciones del mercado interno.

Durante una primera etapa, iniciada en 1953, el mejoramiento se concentró prioritariamente en el incremento de la producción de grasa láctea; hito que situó a la raza Jersey (J) en una posición predominante. Con posterioridad, sin existir antecedentes claros que avalaran esta decisión, la composición del rebaño cambió radicalmente, merced a la utilización en cruzamiento absorbente de toros frisones sobre vacas (J).

A partir de 1992 se incorporó, como objetivo de mejoramiento, a la producción de proteína láctea, en un índice de selección que otorga ponderación positiva a ambos, sólidos lácteos y una valoración negativa al volumen en que los contiene (Holmes *et al.*, 2002).

En la actualidad, debido principalmente al efecto provocado por el empleo creciente de semen Holstein, se ha elaborado un índice de beneficio económico el que, a las variables antes mencionadas, añade tres características funcionales a saber: peso vivo, fertilidad y longevidad; la primera con valor negativo a diferencia de las dos restantes.

La ponderación económica que se otorga a cada una de dichas variables se revisa en forma anual, dependiendo del valor relativo de cada componente y del impacto de las variables de tipo funcional. Cabe mencionar que a partir de 1997 los valores de cría de los reproductores de las diferentes razas evaluadas, y de algunos toros mestizos, se expresan sobre una base común. Este modo de expresar los valores genéticos aditivos ha repercutido favorablemente en el desarrollo de sistemas de cruzamiento, al facilitar notablemente la selección de los toros empleados (Holmes *et al.*, 2002).

Harris y Kolver (2001), revisan el efecto de la “holsteinización” en el sistema de producción neozelandés; comparando el comportamiento productivo y algunas variables reproductivas entre vacas Frisón Neozelandés (F) y Holstein. En términos generales, sus conclusiones señalan que, como era de esperar en función de los objetivos de selección divergentes, con relación al F, las vacas Holstein:

- Destinan una mayor proporción de la energía ingerida a producción de leche, en desmedro de depositación de reservas corporales.
- Poseen un mayor potencial de consumo.
- Alcanzan mayor tamaño y peso vivo a edad adulta.
- Movilizan una mayor proporción de grasa corporal, principalmente a inicio de lactancia.
- Requieren mejor manejo nutricional y reproductivo.

La principal limitante en la utilización de germoplasma Holstein en pastoreo se ha manifestado en su comportamiento reproductivo, caracterizado por una baja tasa de preñez, la que tiende a limitar fuertemente la longevidad de las hembras de dicho ancestro (Harris y Winkleman, 2000). Si bien la incorporación de criterios de selección ligados a la fertilidad es relativamente reciente en Nueva Zelanda, el manejo otorgado históricamente a los animales ha ejercido un mejoramiento notable de la eficiencia reproductiva del F. Los sistemas pastoriles basan su estrategia alimenticia en la sincronización de la curva de crecimiento de la pradera con la variación de los requerimientos nutricionales del rebaño. Por este motivo, es menester trabajar con un periodo de encaste corto, hecho que sistemáticamente ha provocado la eliminación de los vientres de menor fertilidad.

Un análisis reciente de la vida productiva de más de 10.000 vacas Holstein y F, manejadas en sistemas de encaste estacional, pone en evidencia las diferentes aptitudes reproductivas de ambos biotipos (Harris y Winkleman, 2000). Los principales resultados obtenidos señalan que las vacas con alto componente Holstein respecto de las F:

- Tuvieron un mayor lapso parto primer servicio, producto de un retrazo en la ovulación y/o una menor tasa de detección estral.
- Alcanzaron un menor porcentaje de preñez en las primeras semanas de encaste.
- Expresaron una menor tasa de sobrevivencia entre la primera y quinta lactancia (32,7%) en comparación a las Frisón Neozelandés (59,7%).

Otros aspectos analizados en dicho trabajo señalan que los animales Holstein: presentan lactancias más cortas, requieren mayor tiempo de ordeña, independientemente del nivel de producción, y poseen menor movilidad. Es probable que estos aspectos no sean determinados en su totalidad por factores de tipo genético.

Los menores largos de lactancia en las hembras Holstein, pueden deberse, en buena medida, a fechas de parto más tardías producto de mayores lapsos parto concepción.

Harris y Kolver (2001), mediante simulación, realizan una evaluación económica conjunta que incluye buena parte de los aspectos antes mencionados, en el sistema de producción neozelandés. Esta otorgó, en definitiva, una superioridad de 12% en los ingresos netos por unidad de superficie a las explotaciones que utilizan la estirpe local.

A la luz de los antecedentes mencionados, en sistemas productivos sustentados principalmente por el alimento generado por la pradera, difícilmente podría recomendarse el empleo de estirpes Holstein altamente especializadas en producción de leche. De ser así, es dable esperar un significativo aumento en los costos derivados de la necesidad de trabajar con mayores tasas de reemplazos y aquellos asociados al incremento de los gastos en suplementación.

Evaluación de la raza Jersey en pastoreo.

La raza Jersey es la tercera raza lechera en importancia a nivel mundial. Esta estirpe ha tenido un desarrollo notable en Chile, principalmente en la zona sur, a juzgar por la cantidad de semen comercializado durante los últimos años. El elevado tenor de sólidos lácteos contenidos en su leche, así como el menor tamaño adulto, fueron las principales motivaciones para justificar su introducción.

Al igual que en los diferentes tipos de Overo Negro existen diferentes líneas, siendo las de mayor importancia aquellas seleccionadas en Estados Unidos, Dinamarca y Nueva Zelanda, las que presentan características propias dependiendo de los sistemas productivos y de la selección realizada en los países de origen (González y Magofke, 1999). Por este motivo, resultan de particular importancia analizar evaluaciones comparativas realizadas en condiciones de pastoreo.

Mackle *et al.* (1996), realizaron un estudio tendiente a evaluar eficiencia de conversión, consumo de pradera y diferentes variables productivas en vacas primíparas Jersey y FNZ. Los animales parieron con pesos calificados como altos y bajos, que representaban una diferencia promedio de 50kg de peso vivo. Las vacas J fueron más eficientes que las F en la conversión de materia seca ingerida a leche corregida por sólidos (9,4%); sólidos lácteos (12,2%), grasa láctea (17,9%) y en la depositación de energía metabolizable ingerida en energía contenida en la leche (16,2%). Tanto el consumo individual de materia seca y los pesos vivos fueron mayores en las vacas F. Estas últimas, sin embargo, lograron los mayores consumos por unidad de peso vivo. Los bajos pesos al parto afectaron la producción de leche y sólidos, principalmente en las etapas iniciales de la lactancia, no existiendo interacciones entre este factor y el tipo racial.

La literatura especializada coincide en señalar que, bajo diferentes condiciones de manejo, las vacas F tienden a alcanzar mayores producciones individuales de leche, grasa y proteína, respecto de las J. Por el contrario, cuando ambas razas se evalúan en pastoreo, igualando los pesos por hectárea, estas últimas producen menores volúmenes de leche y mayores cantidades de grasa y proteína por unidad de superficie. Otro aspecto interesante de destacar es que en la medida que la carga tiende a aumentar existe un comportamiento diferente entre ambas razas, viéndose menos afectadas las producciones en las vacas J (González y Magofke, 1999).

López-Villalobos y Garrick (2002), comparan la productividad individual y por unidad de superficie del J y F como razas puras y en cruzamiento rotacional; resultados que se entregan en el Cuadro 1. Como se aprecia, las vacas F superan a las J en las producciones individuales de leche (36,2%), proteína (17,0%) y grasa (3,1%). A objeto de estimar las cargas por hectárea los autores cuantificaron los requerimientos para sustentar dichas producciones, junto a los de mantención, crecimiento, gestación y aquellos derivados de la crianza de las vaquillas de reemplazo. A partir de estos antecedentes, se estimó que los requerimientos de materia seca por vaca fueron un 19% mayor en las F. Por este motivo, la superioridad de F en las producciones individuales se redujo a 14,5% al expresar ésta por unidad de superficie. Por otra parte, las producciones de grasa y proteína por ha/año en su conjunto, fue un 9,6% superior en las hembras J.

Obviamente, la ventaja de una u otra raza dependerá en buena medida de la pauta de pago imperante y del impacto que acarree en los costos fijos la necesidad de trabajar con diferente dotación animal. Para cuantificar los márgenes netos, López-Villalobos y Garrick (2002)模拟aron dos situaciones de mercado. La primera asumió un precio por litro calificado como bajo (NZ\$0,294/L) y alternativamente un escenario de precio alto, producto de un incremento de un 25%. En cada caso, se compararon dos pautas de pago. Una basada sólo en el valor de leche y otra que consideró un índice con ponderación positiva para las producciones de grasa y proteína láctea y negativa para el volumen en que ambas estaban contenidas.

Los resultados obtenidos son de sumo interés, aunque no correspondan exactamente a la realidad nacional, toda vez permiten visualizar como elementos económicos determinan la superioridad relativa de una u otra opción racial. En este caso, la raza F obtuvo un comportamiento destacado cuando, independiente del valor dado a la leche (alto o bajo), la pauta imperante no consideró un castigo a los volúmenes de producción. Por el contrario cuando la pauta favoreció la producción de sólidos, considerando un castigo al volumen, la raza Jersey generó los mayores márgenes por unidad de superficie. No obstante, en este trabajo, como en otro realizado con anterioridad (López-Villalobos *et al.*, 2000), la mayor ventaja económica ha sido lograda por animales mestizos, producidos en sistemas de cruzamiento rotacional doble, con participación de ambas razas.

Cuadro 1. Productividad del Jersey (J) y Frisón Neozelandés (F) como razas puras y mestizaje.

Variable Analizada	Frisón	Jersey	F ₁ : FxJ	RE: FxJ*
Peso vivo (kg/vaca)	447	353	410	406
Producción por vaca:				
Leche (l/año)	3.770	2.768	3.427	3.370
Grasa (kg/año)	165	160	171	168
Proteína (kg/año)	131	112	127	125
Requerimientos (kg MS/año)	5.600	4.209	4.568	4.591
Carga animal (vacas/ha)	2,40	2,86	2,63	2,61
Producción por hectárea:				
Leche (l/año)	9.036	7.890	9.002	8.808
Grasa (kg/año)	395	455	449	439
Proteína (kg/año)	313	321	339	327
Tasa de reemplazo (%)	22,0	22,0	17,8	19,6
Edad promedio rebaño (años)	4,48	4,48	5,09	4,89

*Sistema de cruzamiento rotacional al equilibrio.

Fuente: López-Villalobos y Garrick (2002).

Seguidamente se reseñan los primeros resultados obtenidos al evaluar la participación de la raza J en un sistema de cruzamiento rotacional; experiencia que se encuentra actualmente en ejecución en el Centro Experimental Oromo de la Universidad de Chile (Purranque, X Región). En este caso, el objetivo fue comparar productividad, consumo y eficiencia biológica en hembras F y mestizas F₁. Estas últimas hijas de toros J en vacas F. El estudio no pretende estimar vigor híbrido, debido a la carencia de la raza Jersey pura y por la consiguiente imposibilidad de efectuar los cruzamientos recíprocos necesarios para dicho efecto (Cuadro 3). Los resultados arrojados por el F₁ incluyen, por tanto, efectos de heterosis y complementación racial en conjunto.

El trabajo se realizó con 47 vacas primíparas (23 F y 24 F₁), mantenidas en pastoreo durante toda su lactancia. Como se aprecia en el Cuadro 2 las vacas de ambos biotipos alcanzaron producciones promedio similares, que no difirieron significativamente. Las diferencias en los contenidos de grasa y proteína láctea, en favor del F₁, le permitieron a éstas aventajar a F en producción de grasa, proteína, producción láctea corregida a 4% de materia grasa y por sólidos totales.

Cuadro 2. Productividad y eficiencia biológica en vacas primíparas Frisón Neozelandés (F) y F₁ Jersey - Frisón Neozelandés.

Variable Analizada	Tipo Genético		%
	Frisón Neozelandés	F ₁	(F ₁ - F / F) * 100
Producción de Leche (kg/vaca/día)			
Sin corregir	17,6	18,2	-3,4
Corregida a 4% materia grasa	18,1	19,6	8,3
Corregida por sólidos totales	18,0	19,5	8,3
Materia Grasa			
Contenido (gr/kg)	42,3	45,8	8,3
Producción (gr/vaca/día)	735,6	824,9	12,1
Proteína Láctea			
Contenido (gr/kg)	33,6	34,7	3,3
Producción (gr/vaca/día)	584,9	623,6	6,6
Producción diaria p/kilogramo de Peso Vivo			
Producción de Leche:			
Sin corregir (gr/kg)	41,0	46,8	14,1
Corregida a 4% MG (gr/kg)	42,0	50,6	20,5
Corregida por sólidos totales	41,9	50,4	20,3
Producción de Sólidos:			
Grasa (gr/kg)	1,71	2,13	24,6
Proteína (gr/kg)	1,36	1,61	18,4

Fuente: González y otros, (datos no publicados).

El peso promedio de los animales F₁ (390,6kg) fue marcadamente superior al alcanzado por la F, llegando la diferencia entre ambos a 45kg/vaca. Por este motivo, al expresar las producciones de leche, en sus diversas modalidades, por unidad de peso vivo las diferencias fueron en todos los casos altamente favorables al F₁. La de mayor magnitud se observó en producción de leche corregida a 4% de materia grasa (MG). Igual tendencia se observó al comparar las producciones de sólidos lácteos. En este caso las vacas F₁ alcanzaron mayores producciones de grasa y proteína láctea por unidad de peso vivo.

Las estimaciones de consumo individual no arrojaron diferencias, sin embargo, al expresarlos como porcentaje del peso vivo, el valor del F₁ (3,4%), fue mayor que el alcanzado por (3,2%). Las producciones de leche por unidad de materia seca consumida fueron, en todos los casos favorables al F₁. Igual tendencia se observó en la producción de sólidos, en las que el F₁ produjo 63,9 y 48,4 g de grasa y proteína por cada kilogramo consumido, superando al F en 17,4 y 11,4%, respectivamente.

En último término, cabe consignar que en el F₁ la valoración energética de la producción diaria representó un 37,1% de la energía metabolizable consumida; valor que aumentó a 41,4% al corregir por el aporte de reservas corporales. Estos valores fueron significativamente menores en las vacas F, llegando a 32,8 y 39,1%, respectivamente. En definitiva, de los resultados antes expuestos los autores concluyen que:

- En las condiciones de manejo en que se evaluaron las dos estirpes, las mestizas F₁, demostraron tener similar producción láctea y una mayor producción de sólidos con relación al F.
- La mayor producción de sólidos lácteos, unida a un menor peso vivo, y a una mejor utilización de la energía metabolizable consumida, le otorgan al F₁ una mayor eficiencia biológica comparada con el F.
- Las aptitudes mencionadas le confieren a las mestizas, ventajas comparativas en sistemas donde se premia la producción y contenido de sólidos lácteos.

3. HETEROsis O VIGOR HÍBRIDO

Cuando individuos de razas puras son cruzados entre sí, no siempre la progenie mestiza resultante expresa un nivel de producción similar a la media de las razas puras. Dicho fenómeno se conoce como heterosis o vigor híbrido. Desde un punto de vista cuantitativo, éste corresponde a la diferencia o desvío del comportamiento de la progenie mestiza, originada por apareamientos recíprocos, con respecto del promedio de las razas o líneas puras que los originaron. Dicha diferencia o desvío se expresa tanto en valor absoluto como en términos porcentuales. Por tanto existirá vigor híbrido cada vez que el comportamiento de los mestizos sea diferente al promedio de las razas puras, y no necesariamente cuando éstos superen a la mejor de ellas. En consecuencia, para cuantificar la heterosis es necesario conocer en forma contemporánea el mérito de las razas puras y de los cruzamientos recíprocos, los que contemplan la utilización de las razas involucradas tanto por paterna y materna (Magofke y García, 2002).

La importancia de este concepto amerita el desarrollo de un ejemplo para facilitar su comprensión. En el Cuadro 3 se ilustra el cálculo de vigor híbrido basado en los resultados obtenidos por Ahlborn-Breier y Hohenboken (1991), al analizar una población de 42.554 vacas primíparas F, J y mestizas, manejadas en pastoreo. Como se observa en el Cuadro 3, el promedio de la progenie mestiza corresponde a la media de los valores de cada cruzamiento recíproco. Para producción de leche, estos fueron 3.022kg/vaca en las hembras hijas de toros F apareadas con hembras J. En el cruzamiento recíproco, hijas de toros J en vacas F, la producción por vaca llegó a 2.921kg; lo que arroja una media entre ambas de 2.972kg/vaca. De acuerdo a la definición de heterosis antes señalada, ésta corresponde al desvío entre las medias de la progenie mestiza respecto al promedio de producción de las razas puras (2.801kg/vaca), es decir 171kg/vaca; equivalente a un 6,1% ($171 \times 100 / 2.801$). De igual forma, la producción de grasa de las mestizas superó en 10,4kg/vaca a la media de las razas puras. En este segundo caso el vigor híbrido, expresado de manera porcentual, llegó a 7,3%.

Cuadro 3. Heterosis en producción de leche y materia grasa en vacas Frisón Neozelandés (F) y Jersey (J) en un sistema de producción pastoril.

Producción anual	Razas puras			Mestizos			Heterosis (%)
	Frisón (F)	Jersey (J)	Promedio puros	(1/2Fx 1/2J)*	(1/2Jx 1/2F)	Promedio mestizos	
Leche (kg/vaca)	3.204	2.398	2.801	3.022	2.921	2.972	6,1
Grasa (kg/vaca)	147,6	137,1	142,4	152,5	153,0	152,8	7,3

*La primera letra indica la raza utilizada por vía paterna. Fuente: Ahlborn-Breier y Hohenboken (1991).

Si bien estos resultados indican que las dos variables analizadas expresan heterosis, la respuesta neta dependerá de la característica productiva considerada. De acuerdo a la información contenida en el Cuadro 3, la producción de leche de las hembras F. Esto ocurre aún cuando el promedio de los animales mestizos fue mayor a la media de ambas razas puras. La idea anterior no está totalmente clara... Diferente es la situación en producción de materia grasa. En este caso, las hembras mestizas superaron en 3,5 y 11,5%, a las vacas F y J, respectivamente. Estos resultados señalan que, bajo las condiciones de manejo imperantes en esta experiencia, se obtendrá una respuesta positiva sólo en producción de materia grasa. Sin embargo, la implementación de un sistema de cruzamientos debe considerar que la respuesta global dependerá de la sumatoria de todos los efectos heteróticos presentes, los cuales pueden ser importantes en otras características productivas y funcionales, principalmente las relacionadas con viabilidad y eficiencia reproductiva.

De los antecedentes entregados es importante recalcar cuan relevante es el nivel de producción de las razas puras y, evidentemente, la magnitud de vigor híbrido expresado por los caracteres que se desea mejorar. Los resultados no serán satisfactorios si las razas que originan las mestizas no son las mejores para una situación productiva determinada, o cuando una de las mismas sea muy superior a la otra u otras participantes en el sistema de cruzamiento (Magofke y García, 2002).

3. MAGNITUD DE LA HETEROSIS

El interés despertado últimamente en la utilización de cruzamientos en el ganado lechero radica en que diferentes características productivas y funcionales expresan algún grado de heterosis. La magnitud de ésta depende, principalmente, del carácter considerado y de la distancia genética de los grupos que generan los mestizos.

Las variables relacionadas con producción y composición láctea presentan, valores bajos los que, sin embargo, ejercen un efecto positivo incrementando el volumen y la producción de sólidos lácteos. López-Villalobos y Garrick (2002), basados en información experimental generada en Nueva Zelanda, asumen en su trabajo de modelación valores de heterosis de 3,9; 4,5 y 4,0% para producción de leche, grasa y proteína en cruzamientos FxJ. En base a dichos valores, los autores estimaron heterosis para las

mismas variables expresadas en productividad por hectárea de 6,4; 5,6 y 5,4%; respectivamente. Bajo condiciones de manejo intensivas, utilizando las razas Holstein, Jersey y Brown Swiss; Van Raden y Sanders (2003), informan valores similares a los obtenidos en sistemas pastoriles, los que fueron de 3,4; 4,4 y 4,1% en producción de leche, grasa y proteína, respectivamente.

La estimación de vigor híbrido para peso corporal es importante toda vez que en sistemas pastoriles afecta la carga animal y la rentabilidad, por su efecto en los requerimientos alimenticios para mantención y el valor de los animales de desecho (López-Villalobos et al. 2000). Los reportes de heterosis de esta característica informan, en general, valores bajos. Al respecto, López-Villalobos y Garrick (1996) señalan valores de 0,83; 1,66 y 2,99 en cruzamientos (FxAyrshire), (FxJ) y (JxAyrshire), respectivamente.

De mayor importancia, tanto por su magnitud, como por los efectos colaterales que traen aparejados, es la heterosis exteriorizada por características asociadas a la reproducción, longevidad y resistencia a las enfermedades que en conjunto determinan la tasa de sobrevivencia. Estas variables han cobrado importancia creciente en la medida que se ha cuantificado su gran impacto económico en los sistemas productivos. Su efecto sobre el incremento en la eficiencia se manifiesta de diferentes modos, siendo los de mayor relevancia aquellos que permiten lograr un aumento en la vida productiva (López-Villalobos et al. 2000). Este cambio modifica, en primer término, la estructura de edades del rebaño tendiendo a aumentar su promedio (Cuadro 1). Como consecuencia, un sistema productivo pastoril experimentará un aumento en la producción láctea, una disminución de la tasa de reemplazo, el incremento de los diferenciales de selección y, en último término, la liberación de superficie que puede ser utilizada directamente en producción de leche. Las estimaciones de heterosis para longevidad alcanzan valores medios, siendo del orden de 14% en sistemas de encaste estacional (López-Villalobos y Garrick, 2002).

Al analizar características compuestas, que en su estructura consideran los efectos conjuntos de la heterosis en variables productivas y de sobrevivencia, los valores alcanzados son altos. Por ejemplo, McAllister (2002) informa heterosis para producción vitalicia de leche, grasa, proteína y lactosa de 16,5; 20,0; 17,2 y 16,6%, respectivamente.

Una valoración económica de todos los aspectos del sistema productivo da origen a la cuantificación de lo que se denomina heterosis económica. Al respecto, MacAllister (2002) estimó una heterosis económica de 20,6% al expresar la rentabilidad en términos de valor actual neto (VAN) y de 17,9% al otorgar valor comercial a la producción vitalicia. Por su parte, López-Villalobos y Garrick (2002) calcularon heterosis económica en términos de margen neto por hectárea en dos escenarios de precio y bajo dos pautas de pago. Dichos autores informan valores entre 10,0 y 19,6%, estando los de mayor magnitud asociados a condiciones de bajo precio y donde la pauta de pago es, principalmente, una función del volumen producido.

4. OPCIONES DE CRUZAMIENTOS

Las evidencias experimentales disponibles, señalan ventajas importantes del mestizo F₁ (FxJ) en sistemas pastoriles respecto de ambas razas puras (Magofke y González, 1999, López-Villalobos y Garrick, 2002 y Holmes *et al.*, 2002). El problema a dilucidar consiste en definir la mejor alternativa, frente a las numerosas opciones de uso de estos vientres mestizos, con la finalidad de perpetuar, hasta donde sea posible, las ventajas exteriorizadas por el F₁. Esta condición es imprescindible, toda vez que la heterosis está determinada por efectos genéticos no aditivos; es decir, no transmisibles a la descendencia.

Cruzamiento absorbente.

En la actualidad en la zona sur, como producto del empleo de toros J sobre vientres de diferentes estirpes, muchos productores lecheros pueden apreciar las bondades productivas del F₁. Al momento de reproducir estas hembras surgirán, no obstante diferentes opciones, entre las que absorber la masa original, mediante el empleo de toros J generación tras generación, puede ser una de ellas.

Los antecedentes disponibles le confieren al J ventajas económicas, medidas en términos de margen neto por hectárea, respecto al F de un 7 a 8%, bajo el sistema de pago imperante en Nueva Zelanda (López-Villalobos *et al.*, 2000 y López-Villalobos y Garrick 2002). A pesar de estos resultados, no existe acuerdo en la comunidad científica de ese país respecto del tema ya que, presentando la raza J una mayor eficiencia en la producción de sólidos lácteos y en variables reproductivas, manifiesta debilidades frente al F; que no han sido debidamente ponderadas. Entre otras es factible mencionar:

- Incremento de los costos fijos derivados de la necesidad de trabajar con un mayor número de animales en la explotación.
- Mayor incidencia de enfermedades metabólicas (fiebre de leche y cetosis).
- Menores ingresos por venta de animales de eliminación y novillos, debidas a la coloración de la grasa y menor tamaño corporal.
- Aumento en los tiempos de ordeña.
- Incremento en la mortalidad de terneros, principalmente en los 3 primeros meses de vida. Este efecto obedece al menor espesor de grasa de cobertura y menor densidad de folículos pilosos.

A la luz de los antecedentes disponibles resulta imprescindible evaluar esta opción con mayor profundidad, antes de considerarla como una alternativa válida para la ganadería regional. La implementación de pautas de pago que privilegien, realmente, la producción de sólidos lácteos es un elemento de crucial importancia.

Por último cabe consignar que si bien los cruzamientos absorbentes necesariamente pasan por una fase en la cual predominan vientres F₁, la alta eficiencia biológica que éstas expresan se perderá paulatinamente, en la medida que el proceso de absorción progrese.

Cruzamientos entre mestizos F₁.

El cruzamiento entre individuos mestizos F₁ permite, en teoría, retener sólo el 50% de la heterosis. Siendo el vigor híbrido en características productivas de baja magnitud, la retención sólo de la mitad sería de escasa importancia. En la práctica existen, no obstante, otros inconvenientes los cuales impiden hacer una proyección de esta alternativa pensando exclusivamente en la heterosis perdida.

Para que sea factible mantener en el tiempo dicho nivel de heterosis, los cálculos teóricos indican que es indispensable trabajar con un número mínimo de 12 machos en cada generación, empleados sobre un gran número de hembras. El motivo de esta condición radica en que de no disponerse de un gran tamaño poblacional el aumento de la heterocigosidad lograda con los cruzamientos, la cual es responsable del vigor híbrido, se perderá por el aumento de la consanguinidad la que ejerce un efecto contrario (Magofke y García, 2002). Otra limitante podría ser una limitada disponibilidad de toros F₁. En este evento, la factibilidad de obtenerlos del propio rebaño, aunque es una opción vigente, invalida la posibilidad de tener pruebas de progenie confiables ya que como se ha señalado la productividad de los mestizos descansa no sólo del la heterosis retenida, sino que depende en forma importante de los efectos progresivos de la selección.

Finalmente es necesario indicar que en el proceso de formación de las razas se han fijado interacciones genéticas no aditivas favorables. Sin embargo, al hacer cruzamientos entre los mestizos éstas se romperán, apareciendo nuevas formas denominadas recombinantes. Los efectos de las recombinaciones génicas han demostrado ser importantes en producción de leche y en ocasiones tienen un efecto no sólo negativo, sino que de mayor magnitud que la heterosis. El Cuadro 4 ilustra la importancia de estos efectos en producción de leche grasa y proteína láctea. En dicho cuadro se observa como, dependiendo de la característica considerada y de las razas participantes en el cruzamiento, el efecto favorable de la heterosis puede ser completamente anulado por las recombinaciones.

Cuadro 4. Estimaciones de heterosis y recombinaciones génicas en cruzamientos de ganado lechero.

Razas	Característica	Heterosis (kg)	Recombinación genética (kg)
Holstein Friesian x Frisón Holandés	Leche	120	-100
	Grasa	6,8	-1,3
	Proteína	4,4	-3,5
Holstein Friesian x Frisón Británico	Leche	100	-156
	Grasa	4,5	-2,1
	Proteína	3,6	-3,8
Holstein Friesian x MRY Holandés	Leche	140	-295
	Grasa	6,8	-11,1
	Proteína	5,3	-8,2

Fuente: Harbers (1997) c.p. Goddard y Wiggans (1999).

Dependiendo de la importancia de las recombinaciones génicas, el apareamiento indefinido entre individuos F₁ puede llevar a un nivel productivo similar a la media de las razas padres. En este caso, el uso de la mejor raza sería obviamente una mejor opción. En definitiva, los antecedentes expuestos hacen poco recomendable la adopción de esta alternativa de cruzamientos para producción de leche.

Cruzamientos estáticos.

En rebaños de gran tamaño, destinados a la producción de carne, los cruzamientos estáticos han demostrado ser los más eficientes. En estos casos, se destina alrededor del 50% de los vientres más jóvenes a generar las hembras requeridas como reemplazos; mientras el resto se aparean con razas específicas. Esta estrategia permite, en este segmento del rebaño, acceder a niveles elevados de heterosis y en forma aditiva mejorar la productividad por complementación racial. Este procedimiento permite obtener un 50% de animales F₁ destinados a beneficio en forma permanente.

La aplicación de este esquema en bovinos de leche difícilmente redundará en un aumento de la eficiencia productiva. Los menores índices reproductivos y la menor fertilidad de la vaca lechera con relación a la de carne, incrementan en forma importante la tasa de reposición en este último rubro. Por los motivos antes indicados, tendría que destinarse sobre el 70% de los vientres para asegurar la reposición. En consecuencia, difícilmente podría lograrse más de un 30% de vientres F₁, con lo cual la mejor productividad obtenida con estos generaría un impacto marginal.

A nivel zonal, podría pensarse en la posibilidad de que determinadas explotaciones se dedicaran al rubro de producción de vaquillas F₁, las cuales podrían ser adquiridas por otros productores lecheros. Esta opción podría ser viable sólo en la medida en que los valores de estos animales lo justificasen. Quedan pendientes, sin embargo, aspectos importantes como el nivel sanitario de los animales y la calidad genética de éstos la que determina en buena forma su productividad.

Cruzamiento rotacional de tipo convencional.

Los cruzamientos rotacionales, independiente del número de razas participantes, se caracterizan por que siempre se utilizan razas puras en forma alternada a través de la vía paterna. Debido a que la heterosis paterna tiene escasa significación, esta condición no disminuye la productividad. Contrariamente, las hembras empleadas son siempre mestizas y se originan de los nacimientos ocurridos en la generación anterior. Este aspecto es de importancia, ya que con un sistema de este tipo los reemplazos son generados en la misma explotación.

Por ejemplo, para implementar un sistema rotacional con la participación de las razas F y J, partiendo de un rebaño F, la totalidad de las hembras se deben aparear con toros J a objeto de generar el F₁. En una segunda etapa, la mitad de las hembras F₁ deben preñarse con machos F para producir hembras (3/4Fx1/4J); mientras el resto se aparea con machos J a objeto de producir hembras (1/4Fx3/4J). Siguiendo este proceso de forma

tal que todas las hembras hijas de toros F se preñen de por vida con toros J y viceversa, después de alrededor de 8 generaciones se alcanza el equilibrio. En este estado, la mitad del rebaño tendrá una composición (3/4Fx1/3J), mientras el 50% restante será (1/4Fx3/4J). Esta estrategia permite retener 2/3 (0,67) de la heterosis expresada por el F₁.

El aumento del número de razas participantes incrementa en forma decreciente la heterosis retenida. Este hecho, junto a la necesidad de contar con las mejores razas para una determinada condición productiva, limita la opción práctica de superar a la de mejor comportamiento. Por este motivo, sólo se considera la posibilidad de trabajar hasta con 3 razas, opción que retiene 6/7 (0,875) del vigor híbrido del F₁.

El principal problema de esta estrategia donde participan razas de tan diferente tamaño, como son F y J, es la elevada varianza intergeneracional que necesariamente se observará en características secundarias tales como peso al nacimiento y tamaño adulto. La importancia económica de la primera radica en que necesariamente deberá observarse incrementos importantes e indeseables en la incidencia de partos distóxicos, sobre todo en aquellas generaciones donde vientres jóvenes cuya composición genética sea 2/3 o más aportados por la raza Jersey deban aparearse con toros F. El incremento en la frecuencia de partos distóxicos, retenciones placentarias o cesáreas podrían producir un fuerte impacto en el porcentaje de anestro en la estación de encaste siguiente; todo lo cual adquirirá máxima importancia al utilizarse pariciones estacionales que requieren encastes cortos.

El tamaño adulto también es importante. Diferencias marcadas en esta característica, en las vacas en producción pueden generar problemas de competencias por alimento además de impedir un diseño óptimo de las instalaciones. A pesar de existir numerosos trabajos que señalan como la mejor opción al cruzamiento rotacional doble, en ninguno de ellos se mencionan las importantes debilidades antes señaladas. De no implementarse restricciones, éstas pueden hacer desaparecer parte importante o la totalidad de los beneficios obtenidos con un esquema de este tipo. La implementación de sistemas rotacionales periódicos, en los que una raza participa de manera más frecuente, o de un sistema rotacional modificado en el que, independiente de su composición genética, los vientres jóvenes se aparean con la raza de menor tamaño son opciones que ameritan una investigación más acabada.

El Cuadro 1 contiene información que permite comparar parámetros físicos del F, J y mestizos de ambas razas. Como era de esperar, debido a la pérdida de heterosis, el F₁ supera al sistema rotacional en equilibrio (RE) en todos los parámetros productivos. Como se recordará la productividad del F₁ no es permanente en el tiempo, razón por la que el análisis se centra en la segunda instancia. Respecto de la mejor raza pura en producción por hectárea, el RE produjo menos leche (-2,5%) y materia grasa (-3,5%) y mayor cantidad de proteína (1,9%). Al evaluar los márgenes netos por hectárea, mediante una pauta de pago que privilegia la producción de sólidos y penaliza el volumen (López-Villalobos y Garrick, 2002), el RE superó a la mejor raza pura (J) en 5%. Este resultado se obtuvo en un escenario de bajo valor para el litro de leche (NZ\$0,294/l) y en 2,7% cuando éste se elevó en un 25%. Independiente del valor del litro de leche, el F fue la mejor raza

cuando el precio pagado a productor fue, principalmente, una función del volumen producido.

Resultados que apuntan en similar dirección obtiene Gana¹ (comunicación personal). Trabajando con las pautas de pago imperantes actualmente en la Xa. Región y la estructura de costos del Centro Experimental Oromo, estima mediante simulación los márgenes netos para diferentes opciones raciales. Asumiendo un 50% de partos de otoño con la raza F, analiza diferentes opciones para los partos de primavera. Los resultados indican que a pesar de obtener el menor precio por litro, la raza F alcanza el mayor margen neto por hectárea, superando en 6,5% al RE (FxJ) y en 11,1% al J. Estas diferencias se explican, principalmente, por los mayores volúmenes producidos por el F y el incremento de los costos fijos debidos a la necesidad de trabajar con mayor número de animales en las dos opciones restantes. Sin embargo, los análisis de sensibilidad muestran que frente a una pauta de pago con una mayor valorización de los sólidos lácteos se potencian claramente aquellas opciones que consideran la utilización de la raza J.

5. CONCLUSIONES

- El éxito de un programa de cruzamiento se basa en la magnitud de la heterosis, o vigor híbrido, y en la adecuada selección de las razas que originen los mestizos.
- El vigor híbrido en producción y composición de leche es bajo, siendo de mayor magnitud en todas aquellas características que determinan la tasa de sobrevivencia.
- La mayor vida productiva, esperada en los mestizos, puede tener una fuerte repercusión en la competitividad de un sistema de cruzamiento. Esto se debe, principalmente, a sus efectos favorables en el nivel de producción y en la disminución de la tasa de reemplazo.
- El vigor híbrido económico, en sistemas de producción de leche en base a praderas, depende principalmente de los elementos tomados en consideración para estructurar la pauta de pago.
- El F₁ presenta una alta eficiencia biológica, producto de la complementación racial y de la máxima expresión de la heterosis. Este fenómeno no es transmisible a la descendencia, en consecuencia, es necesario desarrollar sistemas de cruzamientos destinados a retener la mayor fracción del vigor híbrido en las generaciones futuras
- Los cruzamientos rotacionales parecen ser la mejor opción en bovinos de leche. Su implementación requiere, no obstante, un acabado análisis económico preliminar.
- La principal limitante de los cruzamientos rotacionales es la alta varianza intergeneracional que se presenta al trabajar con razas que difieren sustancialmente en tamaño corporal. Las opciones que permiten aminorar su efecto requieren aún de mayor investigación.

¹ Gana, E. Ing. Agr. Alumno Magister en Ciencias,
Mención Producción Animal. Universidad de Chile.
Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue
Serie Actas N° 24

6. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AHLBORN-BREIER, G. y HOHENBOKEN, W. 1991. Additive and non additive genetic effects on milk production in dairy cattle: Evidence of major individual heterosis. *Journal of Dairy Science* 74: 592-602.
- GODDARD, M. y WIGGANS, G. 1999. Genetic improvement of dairy cattle. In: Fries, R. y Ruvinsky, A. (Ed.) *The Genetics of Cattle*. CAB International, Wallingford. pp: 511-537.
- HARRIS, B. y WINKLEMAN, A. 2000. Influence of North American Holstein genetics on dairy cattle performance in New Zealand. *Proceedings of the Australian Large Herds* 6: 122-136.
- HARRIS, B. y KOLVER, E. 2001. Review of holsteinization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. *Journal of Dairy Science* 84: 56-61.
- HOLMES, C., BROOKES, I., GARRICK, D., MACKENZIE, D., PARKINSON, T. y WILSON, G. 2002. Milk Production from pastures. Massey University, New Zealand. 602p.
- LÓPEZ-VILLALOBOS, N., GARRICK, D., HOLMES, C., BLAIR, H. y SPELMAN, R. 2000. Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand. *Journal of Dairy Science* 83: 144-153
- LÓPEZ-VILLALOBOS, N. y GARRICK, D. 1996. Profitability of rotational crossbreeding programmes in commercial dairy herds. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 56: 216-220.
- LÓPEZ-VILLALOBOS, N. y GARRICK, D. 2002. Economic heterosis and breed complementary for dairy cattle in New Zealand. *Proceedings 7th World Congress Applied to Livestock Production*. Communication 01-37.
- MCALLISTER, A. 2002. Is crossbreeding the answer to questions of dairy breed utilization?. *Journal of Dairy Science* 85: 2352-2357.
- MACKLE, T., PARR, C., STAKELUM, G., BRYANT, A. y MACMILLAN, K. 1996. Feed conversion efficiency, daily pasture intake and milk production of primiparous Friesian and Jersey cows calved at two different live weight. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39: 357-370.
- MAGOFKE, J.C. Y GARCÍA, X. 2002. Uso del cruzamiento entre razas para mejorar la productividad animal I: Conceptos. Circular de Extensión. Departamento de Producción Animal, Universidad de Chile. pp: 35-43.

MAGOFKE, J.C. y GONZÁLEZ, V. H. 1999. La raza Jersey en relación a otros biotipos para producción de leche en pastoreo. In: Latrille, L. (ed.) Producción Animal, Universidad Austral de Chile. pp: 36-61.

VANRADEN, P. Y SANDERS, A. 2003. Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle. Journal of Dairy Science 86: 1036-1044.

Fuente.

<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR30036.pdf>



MÁS ARTÍCULOS