

Mejoramiento genético: herramienta para incrementar la productividad del hato lechero



Bernardo Vargas Leitón, Ph.D.

Escuela de Medicina Veterinaria
Universidad Nacional, Costa Rica
bernardo.vargas.leiton@una.cr

La producción lechera es una de las actividades agrícolas más dinámicas y con mayor crecimiento a nivel mundial. Desde mediados del siglo

pasado, hemos sido testigos de importantes cambios para la modernización de la producción de leche, tanto a nivel del animal individual como en su relación con el entorno.

El componente genético de una finca ganadera es uno de los pilares que determinan su nivel de eficiencia productiva. Su potencial es el que verdaderamente

delimita su nivel máximo de producción, el cual puede o no alcanzarlo en función de otros factores, tales como las condiciones nutricionales, el manejo sanitario o inclusive las variables de tipo climático.

Este documento tiene por objetivo esbozar algunos de los conceptos que el ganadero debería conocer con el fin de planear y ejecutar una estrategia de me-

joramiento genético, que le permita lograr un incremento progresivo y sostenido en el potencial productivo de su hato. Los aspectos que se desarrollarán estarán relacionados con la escogencia del tipo racial, la definición de políticas para la selección de los toros y su óptima asignación a las vacas del hato, la selección de las vacas del hato y, por último, la importancia de un sistema de registro y de análisis de datos para obtener toda esa información de forma más rápida y eficiente.

1. Escogencia del tipo racial

Actualmente existen alrededor del mundo una gran cantidad de razas bovinas, algunas de las cuales han sido seleccionadas durante muchos años o incluso siglos, para la producción de leche. El desarrollo de la Inseminación Artificial (IA) durante el siglo pasado (Foote, 2002) y la aparición de las Cooperativas de Mejoramiento Genético con sus programas de Prueba de Progenie a gran escala, han hecho que hoy en día sea, relativamente, sencillo conseguir material genético de diversas razas y orígenes. Esto, ciertamente, ha representado un beneficio para la producción lechera; pero también ha sido motivo de que, con frecuencia, se haga

uso indiscriminado de razas exóticas que no han sido seleccionadas para producir en el trópico.

En términos generales, las razas *Bos taurus* difieren marcadamente de las *Bos indicus*, en cuanto a su resistencia y adaptación al calor. La zona de confort del ganado lechero *Bos taurus* oscila entre los 10 y 24°C y cuando las temperaturas exceden este rango, se observan efectos negativos marcados sobre los parámetros productivos y reproductivos (Roca Cedeño, 2011). Las condiciones agroecológicas de la zona donde se desarrolla la explotación (temperatura, precipitación, humedad relativa) constituyen uno de los aspectos más esenciales a considerar a la hora de seleccionar una raza o cruce específico. Otros factores igualmente importantes son el sistema de explotación (lechería especializada o de doble propósito); el nivel de manejo (infraestructura, suplementación, acceso a tecnología y otros) e incluso algunas variables de tipo socioeconómico (disponibilidad de mano de obra, acceso a mercado, precios de insumos y productos).

En términos raciales, la producción de leche en Costa Rica se realiza, principalmente, con base en tres estrategias: las razas lecheras puras especializadas, cruces entre razas lecheras y entre razas

lecheras con cebuinas. A continuación, se discute brevemente sobre estas alternativas, sus ventajas y desventajas, así como algunos resultados obtenidos a nivel local e internacional.

1.1 Uso de razas puras especializadas para producción de leche

La introducción de razas puras especializadas en Costa Rica se ha venido dando desde hace bastante tiempo. Las primeras importaciones de ganado, procedentes de Inglaterra, fueron de las razas Devonshire y Durham (Shorthorn), a mediados del Siglo XVIII (Vargas Coto, 1950). El éxito obtenido en estos primeros mestizajes dio pie a posteriores importaciones de ganado de diferentes razas. Fue así como la primera importación de ganado Holstein y Jersey sucedió en el año 1880 (Vargas Coto, 1950). A partir de estas, se ha venido dando una sustitución paulatina del ganado local por razas mejoradas *Bos taurus* o *Bos indicus*, de tal manera que en la actualidad es muy poco lo que queda del denominado ganado criollo, traído por los españoles en el Siglo XVI.

A nivel local, el rendimiento de estas razas es variable. En el Cuadro 1, se muestran los resultados observados para las razas lecheras más común-

Cuadro 1. Rendimientos¹ (promedios \bar{X} y desviaciones estándares) de las principales razas lecheras en Costa Rica

Variable		Holstein		Guernsey		Jersey		Pardo Suizo	
		\bar{X}	d.e	\bar{X}	d.e	\bar{X}	d.e	\bar{X}	d.e
Leche	Kg/d	22.1	8.4	19.9	7.17	16.8	6.1	14.6	6.20
Grasa	%	3.41	0.70	4.15	0.93	4.33	0.77	3.61	0.99
Proteína	%	3.10	0.33	3.34	0.37	3.58	0.34	3.41	0.38
Sólidos totales	%	11.9	0.91	12.9	1.17	13.3	0.96	12.3	1.27
Periodo abierto	Días	143	79.9	132	75.1	122	74.5	142	85.0
Servicios x concepción	N	2.00	1.51	2.21	1.72	1.94	1.50	1.85	1.39
Edad a primer parto	Meses	29.9	6.31	29.9	5.27	28.6	5.83	31.6	8.03
Vida productiva ²	Meses	34.0	26.2	48.6	37.2	35.2	27.6	40.8	32.7

¹Datos calculados con base en información de la Base Nacional de Datos, incluyendo vacas nacidas a partir de 01/01/2000

²La vida productiva incluye el tiempo transcurrido entre el primer parto y el descarte, sin contabilizar los periodos secos

mente utilizadas en Costa Rica. Es evidente que cada una de ellas tiene sus fortalezas y debilidades. La raza Holstein presenta mayores rendimientos en producción, con días abiertos más largos y menor calidad de leche. La Jersey, por su parte, obtiene menor producción, pero mejor rendimiento en días abiertos y menor edad a primer parto, así como una mayor calidad de leche.

El uso de razas lecheras especializadas en nuestro país, en general, se justifica en zonas con condiciones agroecológicas favorables, por ejemplo en regiones medias o altas con temperatura promedio por debajo de 24°C y mediante sistemas de lechería especializada con niveles altos de manejo (infraestructura adecuada, ordeño mecanizado, IA, pastos mejorados y disponibilidad de suplementación). Estos sistemas, evidentemente, son de alto costo, por lo que también se requiere un adecuado entorno de mercado, que compense los altos costos de producción. El uso de razas exóticas *Bos taurus* en zonas bajas de clima caliente, con sistemas basados en pastoreo, no es recomendable, ya que, generalmente, va acompañado de reducciones considerables en su rendimiento productivo y reproductivo.

1.2 Cruzamientos entre razas lecheras *Bos taurus*

Los cruzamientos son otra opción disponible para lograr un mejoramiento genético del hato lechero. En términos generales, los animales que son producto del cruzamiento de dos razas distintas tienden a presentar mejor rendimiento que el promedio de las razas puras paternas (Caraviello, 2004). Este mejor rendimiento es lo que se conoce como heterosis o vigor híbrido. Este se expresa mayormente en rasgos reproductivos o en aquellos relacionados con sobrevivencia; no obstante, aparecen también en menor grado en otras características de importancia comercial como la producción de leche o crecimiento.

El nivel de vigor híbrido que presenta un determinado cruce puede ser alto, medio o bajo, dependiendo de las razas involucradas, de la forma en que se combinen y del ambiente en donde se realice el cruzamiento. Generalmente, la expresión del vigor híbrido es mayor conforme las razas cruzadas sean más diferentes entre sí.

Otro objetivo que se persigue con los cruzamientos es aprovechar la complementariedad de razas. Esto significa que los híbridos pueden combinar características favorables de distintas razas puras. Por ejemplo, una vaca producto de un cruce Holstein×Jersey puede combinar características superiores de producción y de valor de desecho de la raza Holstein, así como mayores características de fertilidad y calidad de leche de la raza Jersey.

Los cruzamientos entre razas son, además, una opción para reducir los problemas relacionados con el incremento en los niveles de endogamia (Caraviello, 2004). La endogamia tiene el efecto contrario a la heterosis, ya que incide negativamente sobre los parámetros reproductivos y de sobrevivencia. Algunas razas lecheras, como la Jersey o la Holstein, presentan actualmente altas tasas de endogamia.

Existen múltiples alternativas de cruzamiento que podrían ser consideradas por un productor lechero, en función de las razas involucradas y de la forma en que el mismo se realice. Esta práctica entre razas lecheras es bastante común en Costa Rica y en otros países. En un estudio realizado en hatos locales de lechería especializada, se encontró que más del 20% de las vacas eran de cruces entre diversas razas, mayormente Holstein×Jersey o Holstein×Pardo Suizo (Vargas y Romero, 2012). Esto es similar a lo que se reporta en otros países como Nueva Zelanda (López Villalobos y otros, 2000). Si se incluyeran los hatos de doble propósito, esta proporción sería mucho más alta.

Una de las formas más comunes y sencillas de realizar cruzamientos es el denominado cruce rotacional (Figura 1), cuya idea básica consiste en alternar el uso de toros de dos razas distintas (por ejemplo, Holstein/H y Jersey/J), preferiblemente, mediante el uso de I.A. Las hijas de toros de raza H, se preñan con toros de raza J, mientras que las hijas de toros de raza J, se preñan con toros de raza H. Una práctica sencilla es colocar aretes de distinto color a las hijas de toros de cada raza, de manera que sea más sencillo identificar la raza que le corresponde a una determinada vaca.

La implementación de un cruzamiento rotacional en un hato puro requiere de un proceso paulatino. Si el hato original es de raza H, el primer paso sería preñar las vacas con toros de raza J. La progenie de este primer cruce (F1) tendría una composición racial en octavos de raza de H4/J4. Seguidamente, una práctica que se acostumbra es dividir la progenie F1 en dos grupos, uno de los cuales se preñaría con toros H y el otro con toros J. Posteriormente, se seguiría alternando la raza paterna en cada generación, según corresponda.

En este tipo de cruzamiento, la constitución racial de un hato variaría con el tiempo, llegando un momento en que los animales tendrían una composición de 67%H-33%J o lo contrario 33%H-67%J, lo cual es un aproximado, ya que a partir de la segunda generación no existe certeza absoluta de cuál es la contribución relativa de cada raza. La mayor expresión de Vigor Híbrido (100%VH) es en la primera generación (F1), para después fluctuar en las generaciones siguientes hasta estabilizarse aproximadamente en 67%. ¿Cuánto significa esto en términos de leche, edad a primer parto o días abiertos? Eso depende de las razas involucradas y del ambiente en que se realiza el cruzamiento.

La interrogante que, habitualmente, se plantean muchos productores es si los cruces entre razas lecheras son más productivos que las razas puras. Esta pregunta es difícil de responder con precisión porque habría que ponderar las diferentes ventajas y desventajas de cada alternativa. Estudios de Nueva Zelanda dejan ver que los hatos que practican cruzamientos rotacionales Holstein×Jersey, pueden tener mayor beneficio neto por vaca y por hectárea que los hatos puros de ambas razas (López Villalobos y otros, 2000). Los niveles de producción de los hatos comparados en estos estudios están entre 3 000 y 4 000 kg/vaca y el sistema de pago prevaleciente favorece la producción de grasa y penaliza la producción de fluido.

En Costa Rica se ha comparado el rendimiento observado de cruces Holstein×Jersey y Holstein×Pardo Suizo (Figura 2), para algunas variables de importancia comercial (Vargas y Romero, 2010). En dicho estudio, la heterosis fue de magnitud importante para

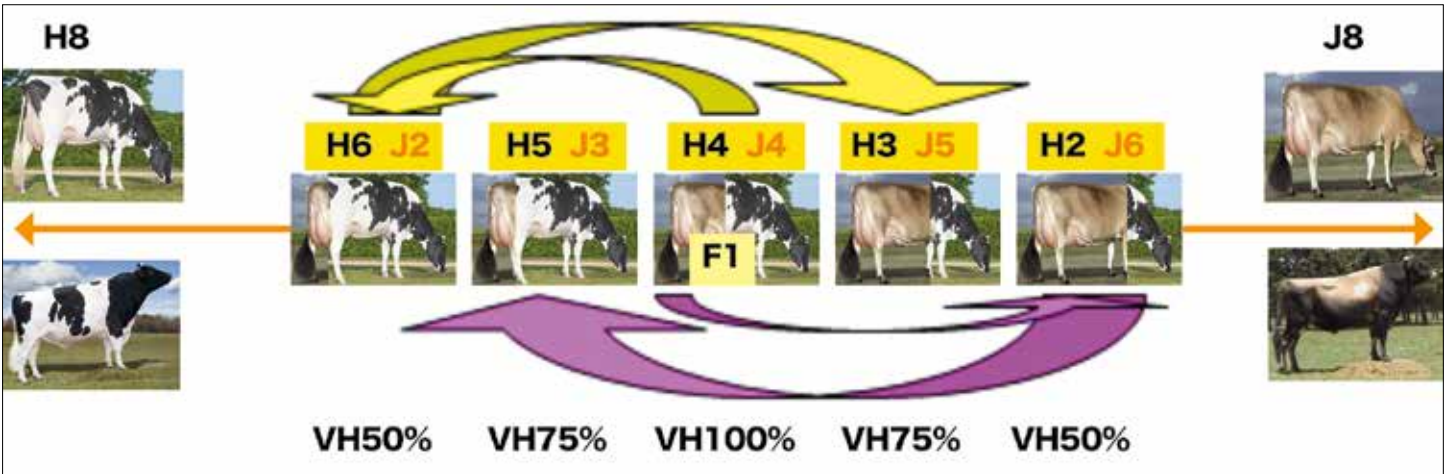
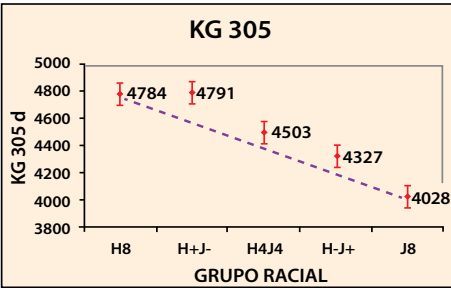


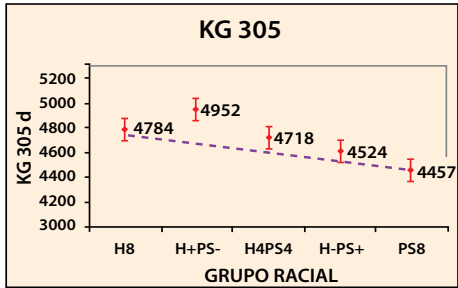
Figura 1. Un ejemplo de cruce rotacional con razas Holstein y Jersey, mostrando la composición racial esperada (en octavos, arriba) y el nivel de expresión de Vigor Híbrido (VH-abajo). Fuente: Elaboración propia

días abiertos, edad a primer parto y producción de leche en el cruce Holstein×Jersey. Para el cruce Holstein×Pardo Suizo, las variables que mostraron mayor heterosis fueron edad a primer parto, vida productiva y producción de leche. En términos bioeconómicos, los resultados obtenidos con base en una simulación de costos e ingresos indicaron que el cruce F1 de Holstein×Jersey presenta una relación beneficio-costo 12 y 7% más alta en comparación con las razas puras Jersey y Holstein, respectivamente, bajo condiciones de zona bosque muy húmedo premontano (Vargas y otros, 2012). Esta simulación es una simplificación de la realidad, ya que en un hato real con cruzamiento rotacional, la composición racial es muy heterogénea, como se describió anteriormente, por lo que los beneficios de la generación F1 solo se observarían al principio. A pesar de esto, hay buenos indicios de que el cruzamiento, cuando se realiza de manera planificada, podría representar algún beneficio económico sobre las razas puras, bajo condiciones locales.

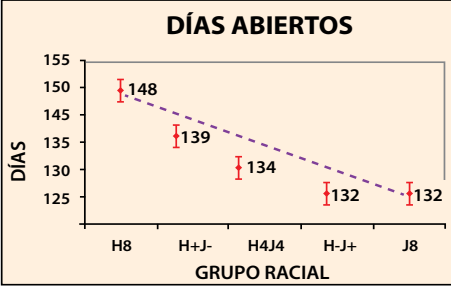
En los últimos años, se han popularizado otros cruces que involucran razas lecheras menos conocidas localmente, tales como Montbeliarde, Sueca Roja, Noruega Roja, Normando o Simmental (Fleckvieh). Razas como la Sueca o Noruega Roja pueden ser beneficiosas en tanto que estas han sido seleccionadas con mayor énfasis para rasgos funcionales, es decir, rendimiento reproductivo o vida productiva. La Montbeliarde por



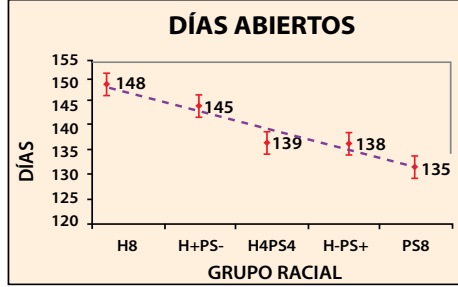
- HOLSTEIN X JERSEY**
- Efecto favorable
 - Vigor híbrido intermedio
 - Cruces con rendimiento intermedio entre razas puras



- HOLSTEIN X PARDO SUIZO**
- Efecto favorable
 - Vigor híbrido reducido
 - Cruces con rendimiento intermedio entre razas puras



- HOLSTEIN X JERSEY**
- Efecto favorable del cruce
 - Vigor híbrido intermedio
 - Cruces mejores que Holstein, pero no mejor que Jersey



- HOLSTEIN X PARDO SUIZO**
- Efecto poco favorable
 - Vigor híbrido reducido
 - Cruces mejores que Holstein puro, pero no mejor que el Pardo

Figura 2. Producción de leche por lactancia (KG-305D, arriba) y días abiertos (abajo) para vacas con diferente composición racial, producto de cruces rotacionales entre razas Holstein×Jersey y Holstein×Pardo Suizo en comparación con las razas puras paternas

Adaptado: Vargas y Romero, 2010

su parte, tiene una alta influencia de la Simmental y ambas son razas consideradas de Doble Propósito en Europa, por su alta producción y envergadura. La raza Normando, que ha sido utilizada con bastante éxito en Colombia, tiene influencia de las razas Jersey y Shorthorn. Los datos disponibles a nivel local indican que los resultados de cruces de razas Holstein, Jersey o Guernsey con la raza Montbeliarde son bastante positivos en la primera generación (F1) tanto para producción, como para días abiertos y edad a primer parto.

El concepto del cruce rotacional puede extenderse a tres o más razas, siguiendo la misma pauta de alternar el uso de toros de distinta raza mediante la IA (Caraviello, 2004; Owen, 2010). El uso de tres razas permite retener un nivel de heterosis más alto de hasta 87%, una vez estabilizadas las composiciones raciales. Algunos hatos implementan cruces de 3 razas tales como Pardo Suizo×Holstein×Jersey, Montbeliarde×Holstein×Jersey, Sueco Rojo×Holstein×Jersey; pero, los datos de rendimiento son aún escasos. Algunos estudios evalúan el resultado de cruzamientos de tres razas lecheras en otros países (Owen, 2010), habiendo encontrado efectos bastante positivos. Es importante conocer y analizar los resultados de estos estudios antes de tomar una decisión definitiva.

Indistintamente de las razas consideradas, el cruce entre razas lecheras se justifica cuando las condiciones agroecológicas sean favorables (temperaturas menores a 24°C, zonas medias o altas). Aunque algunas razas lecheras se consideran más "rústicas" que otras, la realidad es que ninguna se adapta plenamente a condiciones de trópico bajo. Asimismo, estos cruces serían más adecuados para sistemas de lechería especializada o doble propósito, si se utilizan razas de buen tamaño (por ejemplo Simmental Fleckvieh). Sin embargo, al igual que las razas puras, estos cruces necesitan un alto grado de manejo que permita explotar su alto potencial productivo.

1.3 Cruzamientos entre razas *Bos taurus*×*Bos indicus*

En Costa Rica y Latinoamérica en general, ha sido bastante común también el uso de cruzamientos entre razas *Bos taurus*×*Bos indicus*, principalmente en sistemas de doble propósito o en lechería especializada de bajura. Mediante este tipo de cruzamientos se pretende obtener animales que posean características de mayor adaptabilidad a las condiciones del trópico, especialmente de mayor resistencia al calor, capacidad de pastoreo y mejor rendimiento reproductivo (Madalena, 1993; Madalena, 2008).

Entre las críticas que recibe este tipo de cruces, se menciona que la producción de leche es insuficiente, ya que las vacas con predominancia cebuina producen poco, muchas veces necesitan apoyo del ternero y no se adaptan al ordeño mecánico. Por otro lado, las vacas con predominancia europea tienden a presentar problemas reproductivos, por su falta de adaptación a climas cálidos. Con frecuencia, estos inconvenientes pueden ser superados mediante una planificación adecuada de los cruzamientos. Una alternativa es utilizar sistemas de cruzamiento rotacional de dos o más razas, como los descritos anteriormente. Para evitar la marcada reducción en producción de leche es importante utilizar líneas cebuinas que hayan sido seleccionadas para producción de leche, como el Gyr Lechero, el Girolando o el Guzarat Lechero. Algunos países de Latinoamérica, como Brasil, ya tienen programas de selección enfocados a la producción de líneas cebuinas de alta producción de leche. Aunado a esto, varias compañías de IA ofrecen, actualmente, semen de razas cebuinas seleccionadas para leche.

Algunos de los cruces más comúnmente utilizados a nivel del trópico son entre razas lecheras como la Holstein, Jersey o Pardo Suizo, con razas cebuinas como la Gyr (o Girolando) y Guzarat (Madalena, 1993; Madalena 2008). Un factor importante es mantener las proporciones adecuadas de razas cebuinas o lecheras, en fun-

ción de las características de la zona y del sistema de manejo. Por ejemplo, en condiciones más favorables, el cruce rotacional de dos razas puede realizarse alternando dos veces la raza lechera, seguida por la raza cebuina (Ej: Holstein-Holstein-Cebú). Otra opción es recurrir a cruces rotacionales de tres razas, con dos razas lecheras (Holstein-Jersey) y una cebuina, con la ventaja de que esto produce un mayor nivel de vigor híbrido. Si el cruce es para doble propósito es conveniente, entonces, incluir razas lecheras de buen tamaño (Ej. Holstein o Simmental). En condiciones agroecológicas más adversas no es recomendable que la proporción de raza lechera exceda los 5/8, por lo que sería más apropiado alternar dos razas cebuinas y una lechera, procurando siempre utilizar líneas cebuinas de alta producción de leche y razas lecheras que hayan demostrado un mayor grado de rusticidad, como la Jersey o Pardo Suizo.

Un error que se comete con frecuencia es la utilización de toros híbridos. Esta es una práctica inadecuada, dado que la progenie de estos toros puede mostrar composiciones genéticas muy diversas, producto de la recombinación genética. Esta variabilidad hace que su rendimiento sea mucho más incierto que la progenie de un toro de raza puro. Además, la expresión del vigor híbrido en la progenie de un toro híbrido es menor que al utilizar padres de razas puras.

A nivel nacional la información disponible sobre el rendimiento de cruces entre razas lecheras y cebuinas es escasa y poco precisa, por la incertidumbre en los grupos raciales reportados. En la Figura 3, se observa el rendimiento comparativo de razas lecheras puras (Holstein, Jersey o Pardo Suizo), respecto a cruces de estas razas lecheras con cebuinas (grupo LE×BI) y contra cruces más específicos de las mismas razas lecheras con ganado reportado como Brahman (grupo LE×BR). En términos generales, se aprecia que los grupos LE×BI y LE×BR tienden a presentar ventaja en términos de menores días abiertos que los demás grupos raciales, en las tres zonas evaluadas (alta, media, baja); aunque, por otro lado, también se observa que sus producciones por lactancia son menores.

Evidentemente, estas comparaciones son de carácter parcial, puesto que la ventaja o desventaja de un cruce *Bos taurus*×*Bos indicus* debe ser evaluada bajo condiciones idénticas y en un contexto mucho más amplio, considerando aspectos de mortalidad, ganancias de peso, costos de producción y relaciones beneficio/costo. Este tipo de estudios no se han realizado en Costa Rica, pero trabajos realizados en Brasil bajo condiciones de trópico bajo, han demostrado que los cruces Holstein×Guzerat presentaron mejor utilidad neta, en términos de litros de leche por día de vida con respecto a los tipos raciales de predominancia Holstein (Madalena, 1993).

Independientemente de las razas utilizadas, el uso de cruzamientos *Bos taurus*×*Bos indicus* es más recomendable para las zonas con condiciones agroecológicas menos favorables, cuyas temperaturas estén por encima de los 24°C, con mayor exposición a parásitos y marcada estacionalidad lluviosa. Además, puede considerarse más adecuado para sistemas de producción de doble propósito con crianza de machos o lecherías de bajura. Son la mejor opción para fincas con menor nivel de manejo (menos infraestructura, ordeño manual, monta natural, producción a base de pasturas o suplementación restringida).

2. Selección de los toros

Desde el punto de vista genético una de las decisiones más importantes en la finca lechera es la selección de los toros adecuados para cubrir las vacas del hato. Los toros representan el 50% de la genética del hato y constituyen la forma más rápida y eficiente de incrementar el potencial genético de un hato.

Es sumamente importante para una finca lechera aprovechar el invaluable recurso que representan los toros probados de IA, en comparación con el uso de toros de monta natural. Aunque un toro de monta natural pueda tener un pedigrí sobresaliente, la garantía de su verdadero potencial genético solo se podrá conocer por el rendimiento de su progenie. Los toros probados de IA han sido sometidos a un intenso proceso de selección y vienen acompañados de abundante información que permite conocer, con mayor certeza, sus fortalezas y debilidades como semental.

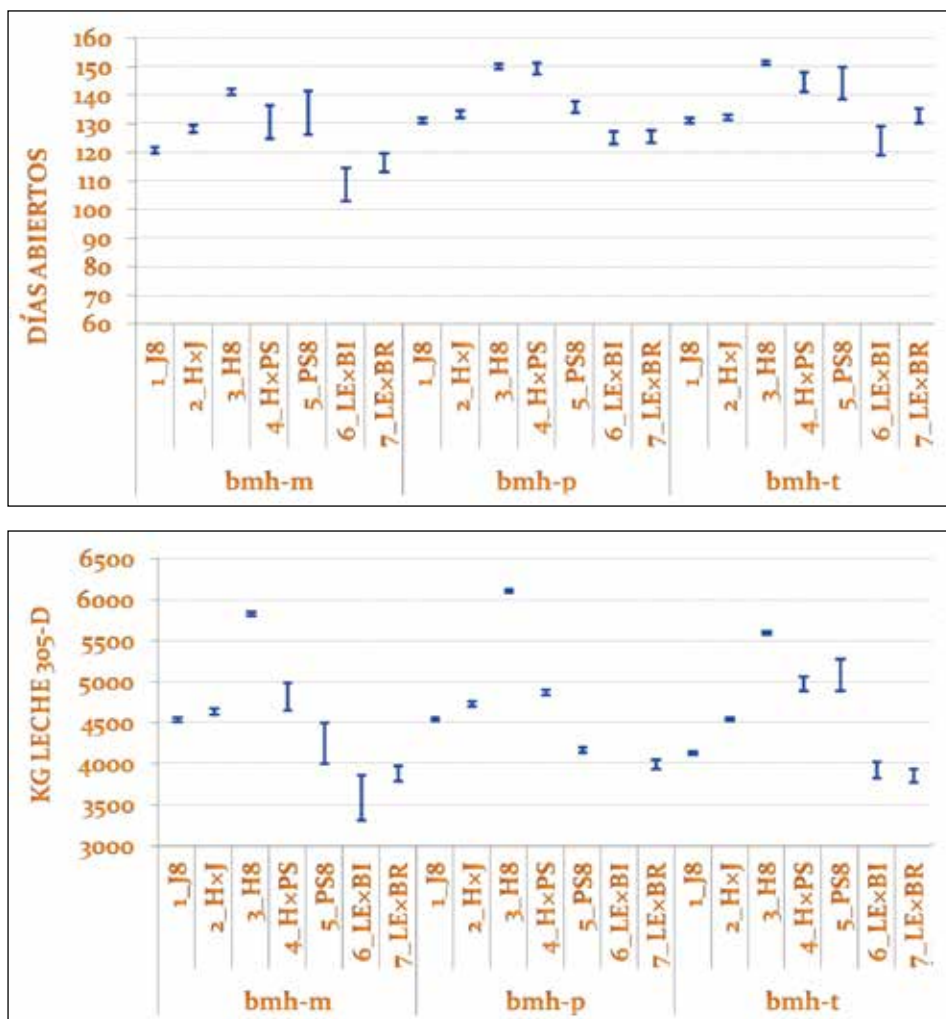


Figura 3. Variabilidad en rendimiento para días abiertos (arriba) y producción de leche por lactancia (kg 305-D, abajo) de diferentes tipos raciales (J8: Jersey, HxJ: Holstein×Jersey, H8: Holstein, HxPS: Holstein×Pardo Suizo, PS8: Pardo Suizo, LExBI: Cruces (H,J,PS)×*Bos Indicus*, LExBR: cruces (H,J,PS,...) × Brahman, en zonas húmedas altas (BMH-M), medias (BMH-P) y bajas (BMH-T) de la región de San Carlos, Costa Rica

Con base en lo anterior, resulta elemental para el productor lechero saber interpretar algunos datos que se presentan en las evaluaciones genéticas. En la Figura 4, se muestra un ejemplo de los resultados de la evaluación genética de un toro "X". Generalmente, los primeros datos suministrados en este tipo de evaluaciones se relacionan con la identificación y genealogía del toro (no incluidos en la Figura). Algunas veces, esta identificación se acompaña con los llamados códigos genéticos (TR, TV, TL y TD) que certifican que el animal no es portador de ciertos genes recesivos de efecto nocivo.

Posteriormente, se reportan los valores genéticos para diferentes rasgos relacionados con producción (leche, proteína, grasa), fertilidad,

células somáticas (SCS) y vida productiva. En evaluaciones de ganado lechero, los valores genéticos se reportan, usualmente, como PTA (Habilidad de Transmisión Predicha, por sus siglas en inglés). En el caso del Toro X, su PTA para leche es de 1 733 lbs, lo que significa que se espera que sus hijas produzcan, en promedio, 1 733 lb más por lactancia, en comparación con el grupo de referencia. El grupo de referencia corresponde a las vacas nacidas en el año 2005, en el país de origen (USA). La magnitud de este valor no es tan importante, sino que más bien debe evaluarse comparativamente entre los toros disponibles.

Al lado de los PTA, habitualmente, se reportan los porcentajes de confiabilidad (por ejemplo

EVALUACION DE RASGOS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS					
LECHE	+1733 lbs	99% C.	Endogamia esperada (EFI)	+7.8%	
PROTEINA	+\$175	-0.09% +28 lbs.	Fertilidad de hijas	-1.7	
GRASA		+0.02% +69lbs.	SCS	2.95	
MÉRITO QUESO	\$382	MÉR. NETO \$471	Vida Productiva	+4.3	
SALUD					
54970 hijas	13409 hatos				
EVALUACION LINEAL DE TIPO					
PTA TIPO +1.77	Comp. Ubre +1.33	Comp. Patas +1.33	99% C.	TPI	1911
32521 hijas	9481 hatos				
	-2	-1	1	2	
Estatura				1.41	Alta
Fortaleza				1.32	Fuerte
Prof. Corporal				1.95	Gran prof.
Caracter Lechero				2.24	Anguloso
Angulo de Grupa				1.08	Isq. Bajos
Ancho de Grupa				1.35	Ancha
Patás Lateral				-1.06	Rectas
Patás Posterior				1.45	Rectas
Angulo del Pie				2.11	Alto
Score Patás				1.75	Alto
Ubre Anterior				1.44	Bien sujeta
Altura Ubre Posterior				3.55	Alta
Ancho Ubre Posterior				3.27	Ancha
Soporte central				2.41	Fuerte
Prof. De Ubre				-0.15	Profunda
Coloc. Pezones				-0.27	Separados
Coloc. Pezón Trasero				0.82	Correcta
Largo Pezones				2.03	Largos
Rasgos Descriptivos					
Facilidad de parto del Toro	7.90%	99% C.	85361	Observ.	
Facilidad de parto de las hijas	6.50%	99% C.	11352	Observ.	28952 hijas
Muertes al Nacer-Toros	7.10%	99% C.	81476	Observ.	
Muertes al Nacer-Hijas	5.40%	99% C.	10491	Observ.	27631 hijas

Figura 4. Ejemplo de evaluación genética para Toro "X". Fuente: elaboración propia

99%C para el PTA leche del toro X). La confiabilidad es un indicador que mide el nivel de certeza que existe en el PTA correspondiente y se da, principalmente, en función de la heredabilidad del rasgo, así como del número de hijas con producción registrada que tenga el toro y de la distribución de las mismas entre diferentes hatos. Los toros con confiabilidades por arriba del 95%, se consideran probados ya que tienen muchas hijas distribuidas en múltiples hatos. El Toro X, por ejemplo, tiene 54 970 hijas, distribuidas en 13 409 hatos, por lo que existe una alta certeza (99%) en su evaluación. Por el contrario, un toro joven, generalmente, inicia su evaluación con confiabilidades muy bajas (35%), por cuanto no se tiene certeza de su verdadero potencial. Sin embargo, esto ha cambiado dramáticamente en los últimos años con los llamados toros genómicos, que son sementales jóvenes que cuentan con análisis de su ADN, lo que hace posi-

ble que estos alcancen confiabilidades de hasta 70%, pese a no tener ninguna hija en producción.

Analizando los PTA reportados para el Toro X, se puede ver que casi todos son positivos, lo que es beneficioso, pues esto significa que es un toro mejorador para los rasgos correspondientes. Por el contrario, se observa un PTA negativo para fertilidad de las hijas (-1.7%). Un -1% en este PTA equivale a un incremento de 4 días abiertos, aproximadamente, lo que implica que este no es un toro mejorador para este rasgo.

Otra información relevante presente en las evaluaciones genéticas, se relaciona con los índices económicos (Mérito Queso, Mérito Neto). En el caso del Toro X, el índice de Mérito Neto es de +\$471. Este representa el valor genético agregado de un toro, expresado en términos económicos, el cual se obtiene al combinar los PTA para

diferentes rasgos (productivos y de conformación), asignando valores económicos de ponderación a cada rasgo. Estos índices son importantes de considerar dado que es muy difícil encontrar toros que sean sobresalientes para todas las características individuales; no obstante, sí existen toros más "equilibrados" que otros, lo que se denota en un mejor Mérito Neto.

Por último, se ofrecen los resultados de la evaluación genética para rasgos de conformación o tipo (Figura 4). Esta, usualmente, se presenta en forma de una gráfica de barras, en la que se muestran todos los rasgos evaluados y la calificación obtenida por el toro, con base en la última evaluación lineal realizada a sus hijas. En el caso del toro X, se puede apreciar que casi todas las barras tienden hacia el extremo derecho, lo que significa que sus hijas suelen estar por encima del promedio (vacas más altas, más fuertes, de gran profundidad corporal, entre otros). Además, sobre la Figura se presentan 3 índices compuestos (PTA Tipo, compuesto de ubre y compuesto de patas). El primero corresponde a una evaluación genética global de los rasgos de tipo, mientras que los otros dos evalúan, en conjunto, los rasgos de ubre y patas.

En síntesis ¿cómo se deben escoger los toros adecuados para las vacas? Esta es en realidad una decisión para evaluarse en varios niveles. Prioritariamente, es preciso considerar que el fin principal de un hato lechero es la rentabilidad, consecuentemente, el primer factor a tomar en cuenta al seleccionar un grupo de toros para un hato lechero, debería ser un índice económico, como puede ser el Mérito Neto u otros similares (Mérito para Fluido o Mérito para Queso). Estos índices se han diseñado, principalmente, en función de las distintas formas de pago de la leche. En un mercado en el que el pago es por sólidos lácteos, el índice más representativo sería el Mérito Neto; mientras que si se hace por leche total sería el Mérito para Fluido. Es importante también procurar que la confiabilidad de este índice sea alta, por encima del 90%.

¿Cuál es el Mérito Neto mínimo a considerar? Esta decisión depende de otros facto-

res, como el potencial genético actual del hato, el nivel de manejo e indudablemente del poder adquisitivo. Es evidente que los hatos tienen distintos potenciales genéticos, en función de la trayectoria de mejoramiento que hayan tenido. Todo productor debería aspirar a mejorar progresivamente el potencial genético de su hato, lo cual no implica, necesariamente, comprar los toros más caros. La inversión en calidad genética es, sin duda alguna, una de las disposiciones que, a mediano plazo, pueden tener un impacto más dramático en la productividad de una finca lechera.

En un segundo nivel y no menos importante, la escogencia de los toros debe realizarse en función de las características individuales de las vacas, más específicamente de sus debilidades de conformación, lo que se describirá en el siguiente apartado. Una norma primordial es no utilizar un solo toro de manera intensiva dentro del hato. Como regla general, un toro no debería utilizarse en más del 20% de las vacas del hato. Las razones para esto son varias, siendo la más importante el peligro de incrementar los niveles de consanguinidad del hato, cuando se tienen pocos toros. Algunas veces, se cree que el hecho de utilizar un toro de forma intensiva mejorará la uniformidad del hato. Esto es erróneo, por cuanto la uniformidad realmente se alcanza mediante los apareamientos correctivos, según se comenta en el siguiente apartado.

Un detalle elemental que se debería observar a nivel de hato es disponer siempre de un toro que sea sobresaliente en los rasgos relacionados con facilidad de parto (ver parte inferior de la Figura 4), el cual pueda ser utilizado para la inseminación de las novillas. Para el toro X, el indicador de facilidad de parto, como toro en servicio, es de 7.9%, lo que implica que su progenie tiende a nacer con más facilidad que el promedio.

3. Selección de las hembras dentro de la finca

Las hembras representan el otro 50% de la genética de la finca y como tal es importante que también sean sometidas a un proceso de selección. Sin embargo, a di-

ferencia de lo que sucede con los toros, la escogencia en una finca lechera es de muy baja intensidad, es decir, no es posible realizar una selección muy minuciosa, debido a que el tamaño del hato es generalmente reducido, siendo necesario asegurar una producción de leche estable a nivel de hato. Esto es más evidente, sobre todo, en las fincas que tienen menores tasas de preñez y parición, puesto que hay una menor disponibilidad de crías anualmente.

No obstante, siempre existe un margen para realizar mejoramiento genético dentro de la finca, principalmente en los hatos con mejores estándares reproductivos. La selección de las hembras intrahato, se puede efectuar en distintas etapas, iniciando con las terneras y novillas, las cuales representan el futuro del hato lechero. En muchos hatos, se tiene la práctica, fundamentalmente por criterios de manejo, de preñar las novillas con toros de monta natural, muchos de los cuales son de dudoso potencial genético, como se discutió anteriormente. Esta es una práctica que debería limitarse, por cuanto muchas de esas novillas serán luego vacas sobresalientes y es importante sacar el máximo provecho de sus crías. La inseminación de novillas es también importante porque constituyen una proporción alta (20-30%) del hato. Las novillas deberían ser inseminadas con toros de adecuado mérito genético y buenos índices de facilidad de parto.

Otro factor a tener presente al momento de la IA de novillas es su pedigrí, ya que este es el mejor indicador disponible del potencial productivo de las hembras jóvenes. En las terneras y novillas es primordial realizar la selección por conformación, sobre todo, cuando existen defectos muy marcados.

El momento más oportuno para realizar la selección de las hembras dentro de la finca es durante la primera lactancia, dado que representa una oportunidad para comparar los rendimientos en producción. Es hasta este tiempo cuando el animal puede expresar su verdadero potencial genético para la producción de leche, por lo que es importante "retar" y comparar las hembras bajo idénticas condiciones.

En el manejo genético de las vacas adultas existen varios factores claves que el productor debería considerar. El más importante es la implementación de apareamientos correctivos, es decir, la planificación de los apareamientos, con el fin de corregir las debilidades de conformación presentes en el hato. Por ejemplo, para una vaca con problemas de conformación de ubre, el toro X sería una buena opción (Figura 4), ya que presenta una evaluación sobresaliente para rasgos relacionados con la ubre. Las características de conformación que deberían corregirse con prioridad en una finca lechera son aquellas que se relacionan con la vida productiva del animal, tales como la ubre y las patas. Estas son características que además tienen una alta heredabilidad, por lo que hay una buena probabilidad de que puedan ser mejoradas paulatinamente mediante selección. De esta manera, se logra que con el paso del tiempo el hato gane uniformidad en rasgos tanto de conformación como productivos.

Para algunos rasgos de conformación, los niveles deseados no son los más altos, sino los intermedios, entre ellos, el ángulo de la grupa, las patas vistas de lado, la colocación de los pezones, el tamaño de los pezones o la profundidad de la ubre (Figura 4). El tamaño tiene un valor económico negativo en la mayoría de los programas de selección, debido a que las vacas más grandes son menos eficientes, sobre todo en pastoreo. Asimismo, la angularidad de las vacas solía ser vista como un rasgo deseable, indicativo del temperamento lechero; pero, actualmente se estima que las vacas demasiado "finas" tienen más problemas reproductivos y menor vida productiva.

Otro problema que se presenta con frecuencia en las fincas lecheras, especialmente en aquellas que utilizan IA, de manera intensiva, es el incremento en los niveles de consanguinidad del hato. Este un problema grave que se da, sobre todo, a nivel de razas lecheras especializadas. La consanguinidad tiene efectos nocivos porque aumenta la frecuencia de genes recesivos, los cuales están ligados a un menor rendimiento reproductivo y a una mayor incidencia de anomalías genéti-

cas. Como regla general, se deben evitar apareamientos endogámicos que produzcan crías con más del 3% de índice de consanguinidad. Para efectos prácticos, se recomienda evitar cruces entre animales que tengan abuelos en común.

En las vacas adultas es importante realizar mejoramiento genético a través de la optimización del descarte, es decir, segregando aquellas hembras que no llenan los requisitos mínimos para determinados criterios productivos, reproductivos y de conformación. A esto se le llama, técnicamente, selección por niveles de desecho independiente. Bajo este esquema, las hembras que muestren menores rendimientos productivos y reproductivos serían las primeras candidatas a abandonar el hato.

4. Sistemas de registro y análisis de datos

El registro, análisis e interpretación de variables de rendimiento a nivel de cada vaca es una de las claves para incrementar los niveles de eficiencia de las fincas lecheras. En Costa Rica, los productores lecheros han venido tomando conciencia al respecto. Sin embargo, la información que se colecta a nivel individual todavía se relaciona mayormente con variables reproductivas, mientras que la producción de leche solo se registra para el 44% de las lactancias y los datos de composición (% grasa, proteína, sólidos) están disponibles en menos del 5% de los casos. Estos estimados fueron obtenidos de hatos lecheros especializados, por lo que la situación en la población general de hatos es, seguramente, mucho peor.

Para poder realizar un mejoramiento genético más eficiente, se necesita de información de rendimiento a nivel de animales individuales. Aún en pequeñas fincas es muy difícil llevar control de toda la información que se genera (genealogía, reproducción, producción y tipo, entre otros). De ahí la conveniencia de buscar herramientas que faciliten este proceso. Actualmente existen en el mercado diversos programas de cómputo que facilitan la recolección, ordenamiento y análisis de la información.

En este sentido es importante contar con acceso a información de carácter poblacional a nivel local. Un ejemplo son las evaluaciones que se realizan a través del proyecto de Evaluación Genética de Ganado Lechero de Costa Rica (EG-CRC), disponible en el sitio (<http://www.medvet.una.ac.cr/posgrado/gen/>). Mediante el mismo se han venido efectuando evaluaciones genéticas bianuales del ganado bovino lechero local, desde el año 2008, con el objetivo principal de generar información sobre tendencias genéticas y ambientales para rasgos productivos en ganado lechero de Costa Rica. El proyecto pretende contribuir también con el desarrollo de los hatos lecheros locales, mediante el cálculo de valores genéticos (PTA) para producción y calidad de leche, días abiertos y vida productiva. Los resultados que se obtienen son enviados a las fincas que así lo solicitan y pueden ser utilizados para la selección de vacas y novillas dentro de la finca, escogencia de toros, selección de animales para desecho, asignación óptima de los toros a las vacas y comparación con otras fincas de la misma o distinta raza/región.

Resumen

Uno de los factores determinantes para lograr una óptima eficiencia productiva del hato lechero es la implementación de una estrategia de mejoramiento genético. Inicialmente debe seleccionarse un tipo racial, ya sea raza pura o cruce, que se adapte adecuadamente a las condiciones agroecológicas, al sistema de producción y al nivel de manejo de la finca. Seguidamente, es importante utilizar toros de reconocido potencial genético bajo criterios basados, principalmente, en índices de mérito económico. Asimismo, debe procurarse una asignación planificada de los apareamientos, de manera que se corrijan progresivamente los defectos más importantes, dando énfasis a rasgos relacionados con conformación de la ubre y patas. Es importante, además, contar con registros productivos y genealógicos detallados de todos los animales en el hato, de manera que se puedan optimizar las decisiones sobre selección y descarte tanto en novillas como en vacas adultas.

Dado que nuestra población lechera es relativamente pequeña, las principales oportunidades en el campo del mejoramiento genético residen todavía en un uso racional y planificado del material genético que se importa. La incorporación de este material y su evaluación continua, mediante el reforzamiento de los sistemas de información existentes en el país, puede asegurar un mejoramiento paulatino del potencial genético del hato nacional.

Referencias:

- Caraviello, D. 2004. Cruzamientos en el ganado lechero (en línea). Disponible en: http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_610.es_.pdf
- Foote, R.H. 2002. The history of artificial insemination: Selected notes and notables (en línea). American Society of Animal Science. Disponible en: <http://www.asas.org/docs/publications/foote-hist.pdf?sfvrsn=0>
- López Villalobos, N; Garrick, DJ; Holmes, CW; Blair, HT; Spelman, RJ. 2000. Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand. *Journal of Dairy Science* 83:144-153.
- Madalena, F. 1993. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical. Estudio FAO producción y sanidad animal. FAO. 111 p.
- Madalena, F. 2008. How sustainable are the breeding programs of the global main stream dairy breeds? (en línea). *The Latin American situation. Livestock Research for Rural Development* 20(2). Consultado 1 mar 2013. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd20/2/mada20019.htm>
- Owen, P. 2010. A literature review on crossbreeding in dairy cattle (en línea). Disponible en: <http://digitalcommons.calpoly.edu/dscisp/31/>
- Roca Cedeño, AJ. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático (en línea). *Revista Española de Producción Animal* 2:15-25. Disponible en: <http://espana.ec/revista/2011/V2N1/8.pdf>
- Vargas Coto, J. 1950. El desarrollo de la ganadería en Costa Rica (en línea). Disponible en: <http://www.proleche.com/historicos.aspx>
- Vargas, B; Romero, J. 2010. Efectos genéticos aditivos y no aditivos en cruces rotacionales entre razas lecheras (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 21(2):223-234. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_mesov/v21n02_223.pdf
- Vargas, B.; Marín, Y.; Romero, J. 2012. Comparación bioeconómica de grupos raciales Holstein, Jersey y F1 Holstein×Jersey en la zona de vida Bosque muy Húmedo Premonitiano (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 23(2):329-342. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_mesov/v23n02_0329.pdf