

Este capítulo apareció en páginas 1 al 17 en Durán, C. V. y R. Campos (eds). 2008. Perspectivas de Conservación, Mejoramiento y Utilización de Recursos Genéticos Criollos y Colombianos en los Nuevos Escenarios del Mejoramiento Animal. Universidad Nacional de Colombia. 161 p. ISBN: 978-958-8095-44-8

PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN PECUARIA EN EL MUNDO TROPICAL: UTILIZACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS DE GANADO BOVINO

PERSPECTIVES ON LIVESTOCK RESEARCH FOR THE TROPICAL WORLD: CATTLE GENETIC RESOURCE UTILIZATION

Robert W. Blake

Profesor Internacional de Ciencia Animal, Director del Programa para Estudios de América Latina, Cornell University, Ithaca, NY EE. UU. E-mail: rwb5@cornell.edu.co

RESUMEN

Los sistemas de producción de ganado vacuno en el trópico tienen más restricciones climáticas, nutricionales y económicas que los de las regiones templadas. Estos últimos ofrecen y proporcionan gran cantidad de tecnología en los mercados mundiales. La productividad por el animal en muchos lugares tropicales tiene menos grado de asociación con la ganancia general por hato o rebaño. El manejo de estos sistemas de producción requiere información diferente siendo más apropiada la selección de diferentes opciones de manejo. Se debe hacer la diferenciación objetiva de los ambientes contrastantes de producción mediante el marco lógico de relaciones causales en relación con la respuesta de los animales. La razón fundamental para la productividad más baja en los escenarios menos favorables es la escasez de insumos y recursos. A pesar de los pequeños tamaños de población, se puede alcanzar una ganancia genética substancial usando un modelo animal que dé cuenta de los efectos ambientales a corto y largo plazo con una estructura autorregresiva. Excepto la implantación de selección genómica exitosa (por ejemplo, uso de pequeños segmentos de cromosomas definidos por marcadores de alelos), la ganancia genética en los escenarios tropicales tiende a ser pequeña, si es perceptible, si no se realizan ajustes para estos efectos. Las bajas tasas de supervivencia de las razas puras europeas, incluso inferiores a los de los cruces, indican que no armonizan con las dimensiones económicas y físicas de las tierras bajas del trópico. Por lo tanto, el desempeño de los rasgos de aptitud (por ejemplo fertilidad, supervivencia) es más importante en ambientes de limitados nutrientes. En estos escenarios, los sistemas de producción de doble propósito juegan un papel importante donde todos los grupos raciales y los cruces (criollas, locales, cebú y europeas) merecen evaluarse para observar los efectos aditivos y no aditivos de los caracteres de producción, reproducción y de adaptación. Las nuevas tecnologías moleculares de selección genética y genómica ofrecen mayor potencial en ganancia genética que los esquemas nucleares, de ovulación múltiple y de transferencia de embriones o de selección asistida por marcadores.

Palabras claves: Trópico, sistemas de producción ganaderos, producción de leche, sistemas de doble propósito, tecnologías de genética molecular, tecnología de selección genómica.

ABSTRACT

Cattle production systems in the tropics are more severely constrained than in temperate regions. Productivity per animal in many tropical settings is less correlated with overall herd profitability than in affluent countries in temperate regions. Correspondingly, these farm managers have different information needs and it is appropriate for them to make different management choices than their counterparts in better endowed settings. This presentation has three goals: briefly summarize dairy performance in the tropics; identify needs for better fitting genetic contributions from European sources to cattle systems in the tropics; and identify research exploiting comparative advantages among genetic resources for products of animal origin in the global marketplace. Contrasting production environments should be distinguished more objectively based on a logical framework of causal relationships with animal response. Fewer inputs and resources is the fundamental reason for lower productivity in less favorable settings. Despite small population sizes, substantial genetic gain is indeed achievable using an animal model that auto-regressively accounts for short-term and long-term environmental effects. Save successful implementation of genomic selection (e.g., using small chromosome segments defined by marker alleles), genetic gain in tropical settings with few data is likely to be small, if perceptible, without adjustments for these effects. Low survival rates inferior to those of their crosses indicate that purebred European breeds are probably an inappropriate match with the economic and physical dimensions of tropical environments, especially in lowland areas. Therefore, performance in fitness traits (e.g., fertility, survival) is probably more important in environments where nutrients are limited. In these settings, dual purpose systems play an important role, where all breed resources and their crosses - national, indigenous, zebu and European - merit evaluation for additive and non-additive effects on productive and non-yield traits. New molecular genetic and genomic selection technologies offer great potential in genetic gain, more than from nuclear schemes, multiple ovulation and embryo transfer or marker-assisted selection.

Keywords: Tropics, cattle production systems, dairy performance, dual purpose systems, molecular genetic technologies, genomic selection technologies.

PREÁMBULO

La cadena agroalimentaria involucra componentes sociales, de mercados y comercialización de productos tanto primarios como los de valor agregado. Esta dinámica requiere una cadena de investigación interdisciplinaria que apoye al bienestar social a través de la toma de decisión en múltiples niveles, desde los proveedores de productos agropecuarios hasta los consumidores y líderes en la sociedad. Los tres eslabones primordiales que se integran para formar esta cadena de servicios son las investigaciones básicas, aplicadas y adaptativas. En este esquema de respaldo paralelo a la cadena agroalimentaria, la investigación adaptativa - cuyo laboratorio, o área de acción, se encuentra en los campos experimentales y en los ranchos de productores - comprende un eslabón crucial para los usuarios del conocimiento científico que afecta la productividad, la rentabilidad y el crecimiento del sector rural. Este componente está enfocado a evaluar e implantar tecnologías recomendables, parte de un proceso de adaptación, aceptación o rechazo, y la eventual

difusión de las opciones seleccionadas. Dicho proceso dinámico - que consiste en mucho más que una simple y pasiva *transferencia* - también involucra la cuantificación de costos, beneficios y riesgos de la utilización de las tecnologías alternativas. Un proceso de transición o estímulo al sector agropecuario, inclusive la investigación requerida para apoyarla, debería involucrar sondeos apropiados de expertos con mucha experiencia y conocimientos, tal cual como se pretende con el actual seminario.

Sin embargo, esta estimación preliminar de las demandas para jerarquizar prioridades y convocar el programa de investigación requerida no puede ser más que un punto de entrada. Sin posibles sesgos (ej., nivel económico o acceso a insumos y mercados de los productores supuestamente involucrados en esta actividad), este método provisional implica un rango de confiabilidad amplio en su apreciación. Por esta razón es una alta prioridad cuantificar las demandas (ej., evaluaciones bio-económicas) con miras a los potenciales de productividad y economía en las regiones, análisis de limitantes, tamaños de mercados tanto nacionales como internacionales (crecimiento demográfico), accesos y barreras a los mercados, expectativas de crecimiento en los mercados, y los multiplicadores económicos como la generación de trabajo (empleo) y el crecimiento agroindustrial.

El análisis económico también debería ser un elemento o componente integral de un programa estratégico de investigación. Elzo *et al.* (1999) ratifican importancia clave en la propuesta de evaluación genética multirracial de razas criollas y colombianas. Paralelamente, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México informa que las principales limitaciones que afectan la productividad y rentabilidad del sector pecuario, en orden de importancia, son la comercialización, la organización de los productores, el financiamiento y la disponibilidad de tecnologías adecuadas. Cabe reconocer que este conjunto de factores constituye una fuente de interacción - es decir desigualdades - en la factibilidad y rentabilidad de tecnologías alternativas en el sector agropecuario. Las tecnologías óptimas cambian con modificaciones en el entorno debido a las demás limitaciones (ej., en tiempo). También varían con el acceso a insumos y mercados y el poder económico de los productores (ej., en espacio). Como resultado, todos los productores no obtienen el mismo provecho de la misma tecnología (o conocimiento científico) ni en espacio, ni en tiempo (ej., el mismo productor). Estas consideraciones también constituyen parte de mi perspectiva e interpretaciones multidisciplinarias en esta presentación sobre investigación prioritaria, inclusive el uso de recursos genéticos y su apareamiento con otros insumos, en ganado bovino productor de leche en ambientes difíciles.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina en los trópicos se encuentran más severamente restringidos que los de las regiones templadas. Los factores que contribuyen a esto incluyen la disponibilidad y costo de los insumos, los mercados de productos y mano de obra, parásitos y enfermedades, las características de los recursos naturales y el clima. Como consecuencia, los ambientes tropicales son difíciles y constituyen un reto para el manejo de la producción animal y el aprovechamiento de los recursos genéticos. La productividad por animal en gran parte de las condiciones tropicales está menos correlacionada con la rentabilidad total del hato que en los países con más recursos de regiones templadas (McDowell, 1985; Nicholson *et al.*, 1995; Vaccaro, 1990; Vaccaro *et*

al., 2003). Similarmente, los operadores de los hatos tienen diferentes necesidades de información y es a menudo apropiado para ellos realizar diferentes elecciones de manejo que sus contrapartes en regiones templadas.

El propósito de esta presentación - como en muchos de los sistemas de ganado tropicales - es doble y más. El primer objetivo es resumir brevemente el comportamiento de la producción de leche en los trópicos sin la tediosa repetición de los detalles que citan los informes. El segundo objetivo es identificar necesidades para un mejor ajuste de las contribuciones genéticas de las razas europeas a sistemas de producción en los trópicos. El tercer objetivo es identificar investigaciones en los recursos genéticos - nacionales, criollos, cebuínos y europeos - para poder explotar información sobre sus respectivas ventajas comparativas en el mercado global de productos de origen animal.

Las referencias para ilustrar los sistemas y el comportamiento animal en ambientes difíciles son de diversas regiones geográficas. Existe un énfasis implícito en estudios de Latinoamérica tropical y subtropical, incluyendo algo de mi propio trabajo, donde las características de producción y del mercado (por ejemplo, recursos alimenticios y tierras relativamente abundantes) generalmente favorecen a los sistemas de producción de leche o de doble propósito (leche y carne). Los productores en estas regiones han utilizado especialmente germoplasma de razas europeas para la producción de leche (principalmente Holstein-Friesian y Pardo Suizo) para cruzamiento con razas cebuínas en sistemas de producción de doble propósito y como razas puras en sistemas especializados para la producción de leche. Los sistemas doble propósito también ofrecen substanciales cantidades de carne. Por ejemplo, la carne de res del primer estado productor en México - Veracruz - proviene principalmente del rebaño cebú-europeo de cuatro millones de vacas doble propósito (Absalón, 2008).

Definición de ambientes difíciles

Para una comprensión clara se debe definir cómo difieren los ambientes difíciles de aquellos con menores restricciones, como los países templados de origen de los germoplasmas exóticos importados. Esta no es una tarea sencilla. Un enfoque ha utilizado la distinción arbitraria por país, región geográfica o ecoregión, método que poco ayuda a la comprensión debido a las marcadas diferencias en las bases de recursos, ambientes físicos y escenarios económicos entre países tropicales y de regiones templadas. Un factor de convergencia, incluyendo las dimensiones económicas y del mercado, afecta las posibilidades de producción y el manejo de la toma de decisiones. Las limitaciones técnicas claves que gobiernan el logro de los objetivos por productores latinoamericanos incluyen la propiedad de los recursos alimenticios disponibles y las restricciones nutricionales (Absalón, 2008; Nicholson *et al.*, 1995). Oportunidades claves para mejorar la productividad y los beneficios incluyen mejor manejo nutricional, disminución de costos de los insumos, mejoramiento de la fertilidad con reducción de los intervalos entre partos y tasas de supervivencia promedio más grandes, los cuales son componentes del manejo genético.

Los métodos endógenos frecuentemente utilizados para diferenciar la oportunidad productiva incluyen la producción promedio de leche por vaca y la varianza fenotípica (la magnitud de las diferencias entre vacas en un hato). Una gran desventaja de estos criterios es que los resultados de producción (por ejemplo, la respuesta de producción promedio de vacas en diferentes hatos) se utilizan para autodefinir condiciones ambientales no específicas propiciando las diferencias de comportamiento. A pesar de que los resultados de las decisiones de los productores podrían indicar que un ambiente presenta más desafíos, podrían sugerir poco acerca de las dimensiones más limitantes y la manera de enfrentarlas. Los ambientes contrastantes se deben distinguir más objetivamente. La valoración de las oportunidades en un hato (altas, bajas o difíciles) se deben basar en una estructura lógica de relaciones causales con la respuesta animal (y sobre una comprensión de por qué y cómo los productores toman sus propias decisiones). Esta estructura incluye la utilización diferencial de insumos y prácticas (por ejemplo, la capacidad de manejo y el conocimiento).

Como en las regiones tropicales los ambientes de baja oportunidad en los hatos de las áreas templadas también resultan de dietas inadecuadas por baja disponibilidad y pobre calidad del forraje, insuficiente reserva de tejidos corporales para soportar las primeras etapas de la lactancia e inadecuado manejo sanitario. Raffrenato *et al.* (2003) evaluaron diferentes respuestas de producción de leche en hatos con ambientes contrastantes, en el sureste del mediterráneo en Sicilia (Italia) con ganado Friesian y Pardo Suizo. Se planteó la hipótesis de que las restricciones de forraje y de manejo en algunos hatos eran las responsables de la falta de picos de lactación sin un normal y detectable ascenso a la producción máxima de leche por día, lo cual limita la producción total. Debido a que el pico de la producción diaria de leche es una entrada biológica en respuesta al manejo para la producción total de la lactación, en el estudio el método para distinguir los ambientes en los hatos fue la incidencia de falta de picos de lactación. El insuficiente aporte nutricional y de salud y la interrupción de la orquestación fisiológica en el período posparto temprano son mecanismos potenciales para la falta de un ascenso detectable en la producción diaria de leche. Otro método de causalidad fue agrupar los hatos con oportunidad alta o baja de acuerdo con la frecuencia de uso de insumos y prácticas (por ejemplo, adecuación de la dieta, salud de la ubre y otros factores que afectan la producción de leche). Por estas definiciones los hatos con ambientes difíciles (de baja oportunidad) fueron aquellos con los menores insumos para el comportamiento de la producción de leche. Menos insumos y recursos son la razón fundamental para la baja productividad del ganado en condiciones tropicales menos favorables.

SISTEMAS ESPECIALIZADOS DE PRODUCCIÓN DE LECHE (ALTOS INSUMOS) CON RAZAS PURAS

En las regiones tropicales las propiedades del suelo y la ecología de las plantas resultan en forrajes de diversas calidades y por ende en diferentes oportunidades para el manejo nutricional. La menor energía de la dieta (probablemente el nutriente más limitante en la mayoría de los sistemas tropicales) se obtiene a partir de forrajes adaptados a estos ambientes, lo cual necesariamente implica menor productividad de los animales en las regiones tropicales (Absalón, 2008; Nicholson *et al.*, 1995). Como resultado, el potencial

genético para la producción de leche de la mayoría de las razas disponibles en estos ambientes, y otros en donde los residuos de las cosechas (ej., rastrojos) sean el alimento principal, es inferior al de aquellas razas bajo selección para mantener la infraestructura de la producción lechera en países templados.

Producción de leche

Estudios de la respuesta en producción de leche de vacas Holstein-Friesian en hatos de Latinoamérica (LA) confirman un promedio menor de producción por vaca de cerca de 25% (6900 a 7500 kg/lactancia), comparado con los hatos estadounidenses. También revelan un patrón decreciente en la expresión genética de más favorable a menos favorable en ambientes en LA (Cienfuegos *et al.*, 1999; Costa *et al.*, 2000). La compresión en la diferencia entre los valores genéticos de los sementales resulta en una respuesta menor en las hijas (progreso genético) en los ambientes latinoamericanos de menor oportunidad, tanto como 50% a 75% del promedio de un hato en los Estados Unidos. Raffrenato *et al.* (2003) estimaron sacrificios similares en la respuesta de producción de leche de las hijas y en conteo de células somáticas en hatos en ambientes de baja oportunidad comparados con los hatos más privilegiados de Friesian y Pardo Suizo en Sicilia (Tabla 1).

Tabla 1. Respuestas esperadas de las hijas en producción de leche, grasa, proteína y conteo de células somáticas en hatos con ambientes de baja oportunidad en Sicilia, como una proporción de la respuesta en los ambientes de alta oportunidad, definidas por la desviación estándar para producción de leche dentro de hato-año (DEHA), incidencia de la falta de picos de lactación y uso diferencial de insumos que incrementan la producción (de Raffrenato *et al.*, 2003)

CRITERIO AMBIENTAL	LECHE	GRASA	PROTEÍNA	CONTEO
	HOLSTEIN FRIESIAN			
DEHA <1330 kg	0.41	0.46	0.36	0.93
Falta de picos de lactación	0.81	0.52	0.95	0.92
Uso infrecuente de insumos	0.81	0.81	0.67	0.66
	PARDO		SUIZO	
DEHA <950 kg	0.75	0.53	0.43	0.68
Falta de picos de lactación	0.80	0.85	0.79	0.84
Uso infrecuente de insumos	0.67	0.86	0.82	0.61

También se utilizan otras razas, incluyendo sintéticas, para la producción de leche. Por Ejemplo la raza Carora de Venezuela, basada en genes de Pardo Suizo y ganado criollo, y la raza Lucerna de Colombia, constituida de razas Holstein, Shorthorn y Hartón del Valle (criollo). La producción promedio de leche de estas razas es cerca de 2500 Kg./lactancia. Debido a que el progreso genético se encuentra obstaculizado por el tamaño pequeño de la población, Morales *et al.* (1989) sugirieron explotar las vías genéticas de las madres y los sementales para un mayor potencial de ganancia. Con la reciente implantación de

selección genómica, se torna más relevante explotar el sendero materno, especialmente en poblaciones pequeñas. Dicha selección utiliza pequeños segmentos de cromosomas definidos por los haplotipos de alelos marcadores [polimorfismos de nucleótidos sencillos (sigla SNP en inglés)] con una distancia de 1 cM entre ellos (Mieuwissen *et al.*, 2001; Schaeffer, 2006). Sin embargo Carvalho *et al.* (1998) mostraron que una ganancia genética substancial en producción de leche es posible en pequeñas poblaciones manejadas en ambientes con recursos limitados utilizando un modelo animal que de forma auto-regresiva, toma en cuenta los efectos ambientales a corto y largo plazo. Salvo el potencial progreso por medio de una exitosa implantación de selección genómica, es probable que la ganancia genética en ambientes tropicales sea pequeña, si es perceptible, sin ajustes para estos efectos.

Características no productivas

Vaccaro (1990) concluyó tras extensa revisión que las razas puras europeas son probablemente un equivalente inapropiado con las dimensiones físicas y económicas de los ambientes tropicales, especialmente en las áreas bajas, debido a que las tasas de supervivencia son menores a las de los cruces. La tasa de supervivencia promedio para cruces intermedias europeo x cebú fue 36% mayor que la de razas lecheras europeas a través de las regiones tropicales. Ageeb y Hayes (2000) también encontraron baja eficiencia reproductiva en un hato de Holstein-Friesian en Sudan, donde el 25% de las vacas no fueron capaces de parir anualmente.

De esta forma, el comportamiento en características adaptativas como la fertilidad o supervivencia, probablemente es más importante en ambientes con nutrientes limitados. Este fenómeno se manifestó de primordial importancia con superior productividad de carne en pastoreo en Mozambique con una raza criolla comparada con la alternativa importada (Carvalho *et al.*, 1995). Se comprobó mayor fertilidad (probabilidad de concepción como vaquilla y como vaca de primer y segundo partos) con una ventaja superior a las hembras Landim en comparación con las Afrikánder más grandes.

Los estudios señalados demuestran que a pesar de que el germoplasma de origen europeo tiene mayor potencial para la producción de leche, la adaptación es relativamente inferior en los ambientes tropicales debido a dietas (forrajes) inadecuadas, costo e insuficiencia de los suplementos alimenticios, retos de las enfermedades y parásitos, y estrechos márgenes entre el costo de los insumos y los precios de los productos. Aún en lugares privilegiados en climas templados, el desmejoramiento en fertilidad de vacas lecheras, especialmente Holstein, ha constituido un alza en el costo de producción de leche. Acompañando al incremento genético en comportamiento lechero (Figura 1), el mérito genético en la tasa de preñez de las hijas (TPH) disminuyó de 3 a 7% (Figura 2; Van Raden y Tooker, 2007). [TPH = el porcentaje de vacas abiertas (no preñadas) entre 50 y 250 días en lactancia que se preñarán dentro de los próximos 21 días]. El promedio de días abiertos en hatos estadounidenses ha aumentado ~37 días en los últimos 40 años. Esto se debe a una disminución en TPH que genera cuatro días abiertos adicionales por cada decremento de 1% en TPH (Norman *et al.*, 2006) que también se manifiesta en una reducida vida productiva (Figura 3; Van Raden y Tooker,

2007). Por ende, este escenario ha conducido a la práctica de cruzamientos por algunos ganaderos lecheros con el objetivo de mejorar la fertilidad, facilidad al parto, longitud de vida productiva y componentes de leche. Además, Ruíz-Sánchez *et al.* (2007) encontraron un óptimo (relación no lineal) entre edad al primer parto y comportamiento lechero, lo cual verifica aún más otra dimensión de interacción genotípico-ambiental.

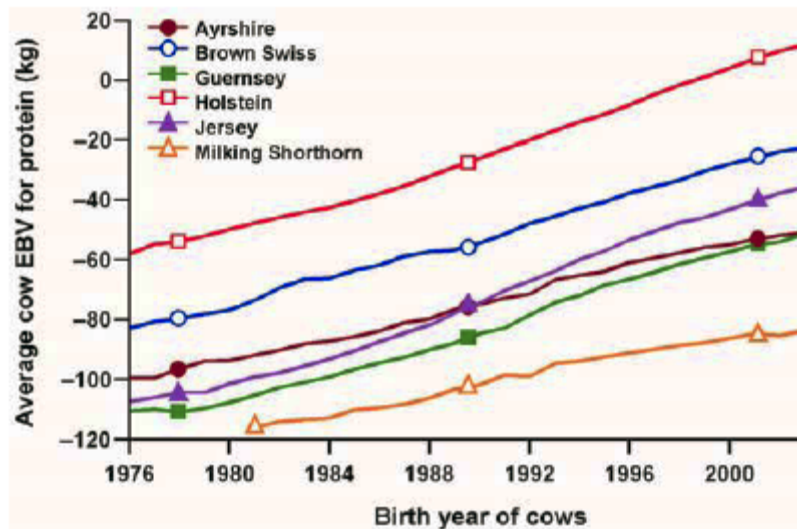


Figura 1. Tendencia genética en producción de proteína por lactancia (Kg.) respecto a la base de todas las razas consideradas (año de nacimiento de las vacas; fuente: Van Raden y Tooker, 2007)

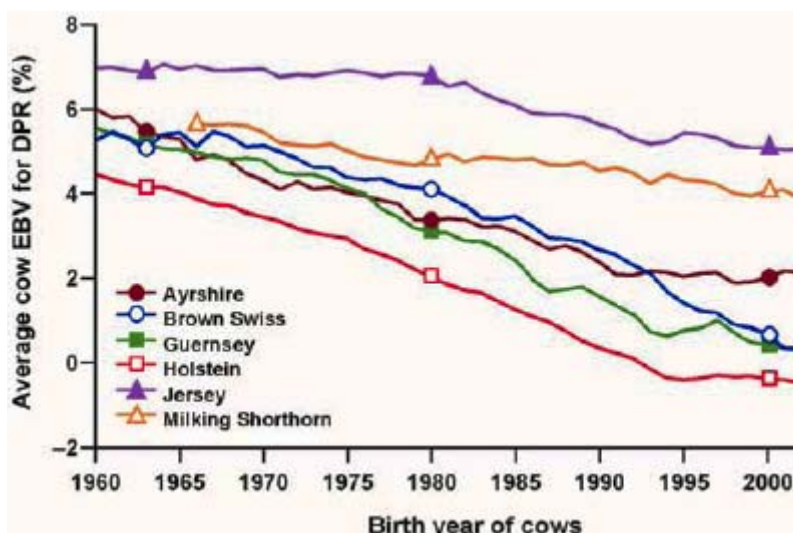


Figura 2. Tendencia genética en la tasa de preñez de las hijas (TPH, %) respecto a la base de todas las razas consideradas (año de nacimiento de las vacas; fuente: Van Raden y Tooker, 2007)

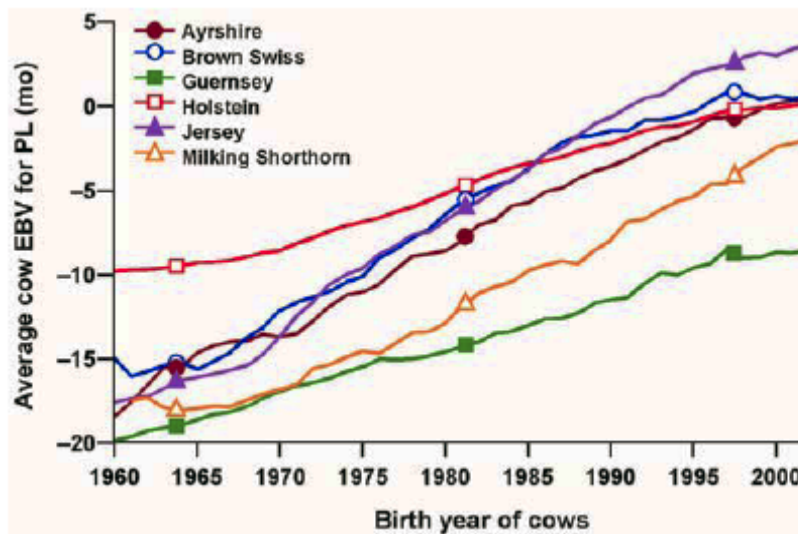


Figura 3. Tendencia genética en largo de vida productiva (meses) respecto a la base de todas las razas consideradas (año de nacimiento de las vacas; fuente: Van Raden y Tooker, 2007)

Consideraciones económicas

Los retornos económicos netos promedios, a partir de la utilización de germoplasma (semen) de Holstein importado para mejorar la producción de leche, fueron substancialmente inferiores en muchas situaciones en hatos en LA que en los Estados Unidos (Holmann *et al.*, 1990). Como consecuencia, para aprovechar oportunidades rentables y restringir el riesgo, el germoplasma importado se debe utilizar prudentemente en situaciones de tasas adecuadas de concepción (por ejemplo, ciertos grupos de hembras por edad), y oportunidades ambientales para una alta respuesta en la producción de leche de las hijas. Los retornos económicos netos fueron especialmente sensibles a la respuesta en leche de las hijas.

SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO CON CRUZAMIENTOS

El ganado cruzado (y los genes necesarios para producirlos) juegan papel importante en muchos escenarios tropicales, donde los insumos son insuficientes para sostener los sistemas de producción de leche con razas puras. El cruzamiento se maneja genéticamente para combinar el mayor potencial de producción de leche y madurez temprana de las razas europeas con la adaptabilidad del ganado cebú y de las razas locales y criollas a las limitadas condiciones de nutrición y salud.

Producción de leche y características no productivas

La selección de sementales europeos basada en el comportamiento de las hijas puras es efectiva en mejorar las producciones de leche de la progenie cruzada (Ruvuna y McDaniel, 1983; Vaccaro *et al.*, 2003). Los efectos aditivos de raza y la heterozigosis son los principales componentes genéticos que favorecen el comportamiento lechero, la edad al primer parto y el intervalo entre partos de las cruces con cebú a través de un rango de condiciones tropicales (Blake y Reinoso, 2001; Kebede, 1992; Martinez *et al.*, 1988). Otros efectos genéticos no aditivos (epistasia) podrían también afectar el comportamiento de los animales cruzados (Demeke *et al.*, 2003), y no se deben ignorar. Entre las cruces F₁ Europeo x Cebú, Syrstad (1985) concluye, de la misma forma que Teodoro y Madalena (2003), que las cruces de Friesian y Jersey producen más leche y grasa a través de muchos entornos de producción. La herencia de las razas Friesian y Pardo Suizo se consideró valiosa cuando la producción de carne es importante. Los cruzamientos intermedios de cerca del 50% de herencia europea generalmente se comportan mejor en características de producción y adaptativas (Blake y Reinoso, 2001; Kebede, 1992; Martinez *et al.*, 1988; McDowell, 1985; Teodoro y Madalena, 2003; Vaccaro, 1990).

Vaccaro *et al.* (2003) cautelosamente concluyeron, basado también en un estudio complementario (Pacheco *et al.*, 2003), que está "probablemente justificado" utilizar sementales Holstein, con valores genéticos altos para la producción de leche, para producir hijas F₁. Sin embargo, basado en las diferencias en edad al primer parto, intervalo entre partos y tasas de supervivencia de los becerros y vacas de sementales Holstein agrupados por valores genéticos altos y bajos para producción de leche, indican que sería justificable incluir "el crecimiento y fertilidad de la hijas en los programas de evaluación de sementales para los sistemas tropicales de doble propósito", sugiriendo también que se investiguen las diferencias genéticas en la tasa de supervivencia. El objetivo del programa debe ser seleccionar sementales europeos para realizar cruzamientos basándose en los valores genéticos para producción de leche de los países de origen "con una evaluación de toros preseleccionados localmente para características distintas de la producción de leche". Debido a la importancia económica y a la escasa información acerca de características esenciales de adaptabilidad, Teodoro y Madalena (2003) también sugieren la necesidad de evaluar otras características que afectan la productividad total de por vida, como reproducción, resistencia a parásitos, madurez sexual y comportamiento en crecimiento.

Consideraciones económicas

De acuerdo con productores y profesionales que han trabajado con sistemas de producción de leche y doble propósito en Venezuela la producción de leche e intervalo entre partos son las características económicas más importantes. Basado en las predicciones de comportamiento probable en características múltiples, los cruces intermedios (50% a 75% de genes europeos) son probablemente los grupos genéticos más rentables (Holmann *et al.*, 1990). En un estudio complementario, la estrategia de manejo más rentable

para los hatos de doble propósito utilizando cruces intermedios fue la utilización de toros por monta natural con ganancias genéticas en leche (Holmann *et al.*, 1991).

A pesar del potencial biológico y de la factibilidad técnica, podría ser poco económico invertir en insumos para incrementar la productividad. Con relación a las razones de costos y precios que prevalecen en la región del oeste del Amazonas en Brasil, Rueda *et al.* (2003) encontraron que era menos rentable suplementar animales con granos para incrementar la producción de leche por vaca o la tasa de crecimiento de novillos, comparado con las dietas de sólo forraje. Los retornos económicos netos mejoran con mayor densidad de animales (carga animal) para la producción de carne, pero no para leche. Así, en este escenario la producción de carne es la oportunidad clara de intensificación para incrementar los beneficios.

Este resultado ilustra la importancia económica de la tasa reproductiva (fertilidad) en los hatos de doble propósito. Rueda *et al.* (2003) también hicieron énfasis en el potencial y gran importancia de la productividad de la tierra (a través de una mayor carga animal) versus el comportamiento animal individual, para mejorar la rentabilidad de los sistemas ganaderos. Por otro lado, con énfasis en la calidad de forrajes conservados y las iniciativas por dueños de hatos doble propósito veracruzanos, Absalón (2008) identificó estrategias para superar cuellos de botella en probable productividad lechera. Lograr el crecimiento esperado en vacas inmaduras, asegurar metas en condición corporal al parto (reservas de tejidos grasos), y así la reproductividad del hato en producir carne y mayor consumo de forrajes de buena calidad a través del año permitieron incrementar el comportamiento lechero hasta un 80% y con 65% a 90% más margen neto de por vida.

McDowell (1985) también puntualizó este asunto, y pidió mayor atención a características importantes para la viabilidad y permanencia en el hato de los sistemas de producción tropical. Él concluyó "los logros dependerán del exitoso aumento de la productividad animal de baja a media más que esforzarse en proveer todo el potencial genético para alta productividad...para este fin la mejora del ganado local con 25 a 50% de razas mejoradoras es el enfoque más práctico... no es probable que los mercados para la carne y leche en los trópicos liberen tierras de buena a excelente calidad para la producción de alimentos. La producción de leche estará basada principalmente en el pastoreo de tierras en descanso, residuos de cosechas, subproductos derivados y algunos forrajes. Estos alimentos deberán mantener 1000 a 2000 Kg. de leche (por animal) pero no 4000 Kg. o más".

INFORMACIÓN PARA MEJORAR EL MANEJO DE LOS SISTEMAS AGROPECUARIOS TROPICALES

La presentación identifica ciertas necesidades de nutrición y de información genética para sistemas más productivos y rentables para la ganadería bovina. La inversión es necesaria para generar la información requerida, un recurso clave pero crónicamente escaso, para atender las prioridades de las limitaciones genéticas y optimizar los sistemas. Se necesitan aplicaciones analíticas apropiadas (por ejemplo el modelo animal con una estructura auto-regresiva; Carvalheira *et al.*, 1998) para valorar características dependientes del tiempo,

tales como el crecimiento, resistencia a parásitos e indicadores de enfermedades, así como producción de leche. Las evaluaciones genéticas también deben incluir análisis multirraciales para los efectos genéticos aditivos y no aditivos sobre la fertilidad y tasas de supervivencia, interacciones con la producción de leche y la rentabilidad de por vida (Van Raden y Tooker, 2007; Elzo *et al.*, 1999).

¿Qué hacer?

Vaccaro (2007) hizo énfasis en lo fundamental para llevar a cabo fructíferos programas de investigación. Frente al ostensible desafío por la brecha creciente entre las capacidades tecnológicas en América Latina y los países avanzados, advirtió que “La solución no es incursionar lo más rápidamente posible en el campo de tecnologías avanzadas (es decir, en **cómo** hacer las cosas). Nuestra prioridad tiene que ser determinar con mucha prudencia **qué hacer**, y luego aplicar las tecnologías más adecuadas”. Interpreto su admonición así: Es indispensable primero organizarse e invertir en recolectar las mediciones y observaciones requeridas. Esto permitirá utilizar los recursos genéticos disponibles para mejorar las características económicamente importantes (y uniformemente definidos) también utilizando otros tipos de insumos disponibles en los sistemas de producción.

Con base en la selección natural y la diferenciación entre poblaciones aisladas, se esperaría, conforme con las hipótesis que se oyen, la posibilidad de encontrar efectos genéticos que otorguen a las razas criollas tropicales cierta superioridad en la adaptación a ambientes difíciles. Es decir, los comportamientos en caracteres con índices de herencia bajos (ej., TPH con índice de herencia ~4% en razas lecheras pero con alta variación genética). Para así comprender esta posible vía de superioridad genética se necesita cuantificar las diferencias entre y dentro de diversas opciones raciales respecto a fertilidad, reproductividad, supervivencia, resistencia o tolerancia a parásitos y enfermedades, y otros caracteres no productivos.

Ya existe un destacado plan para implementar evaluaciones multirraciales en Colombia (Elzo *et al.*, 1999). Lo propuesto representa una manera eficiente de evaluar opciones dentro y entre todas las razas disponibles y las cruza. Esta base de datos se recolectaría en hatos colaboradores privados y estaciones experimentales que aseguran la requerida conectividad en apareamientos, especialmente con razas cebuinas, para poder desenredar los efectos genéticos. Rutledge (2001) reportó substanciales cargas genéticas en cruzamientos distantes (con muchas generaciones de separación entre las razas taurinas y cebuinas cruzadas) debido a pérdidas recombinatorias entre sistemas genéticos incompatibles. Estos efectos recombinatorios generales se deben contabilizar en la evaluación de mérito no aditivo, como en el modelo matemático del Departamento de Agricultura estadounidense (USDA; Van Raden and Sanders, 2003).

Tecnologías adecuadas

Por encima de lo prioritario y fundamental destacado por Vaccaro (2007), se podría considerar las nuevas tecnologías provenientes de la genética molecular y la selección genómica (Meuwissen *et al.*, 2001). Con un mapa denso de marcadores que cubran todos los cromosomas, es posible estimar con precisión los valores genéticos de animales que aún no tienen registro fenotípico propio, ni progenie. Esto requiere la estimación cuantitativa de muchos efectos de segmentos cromosómicos definidos por los haplotipos de sus alelos marcadores con base en polimorfismos de nucleótidos sencillos (SNP).

Así que la selección genómica aumentaría dramáticamente la tasa de progreso genético especialmente en características que son difíciles de seleccionar debido a pocos registros, como las que se expresan solamente en hembras, después del sacrificio, las de resistencia o tolerancia a enfermedades o parásitos, o características con bajo índice de herencia, como fertilidad.

El valor genético genómico se puede obtener con alta precisión, ~80%, al nacer (Schaeffer, 2006) al sumar los efectos estimados para los intervalos, o segmentos, cromosómicos definidos por los haplotipos heredados y del genoma. Típicamente, las vacas lecheras alcanzan este nivel de precisión con poca frecuencia, y los sementales requieren al menos 6 años para lograr tener valores genéticos estimados con esta precisión.

La selección con base en valores genéticos genómicos estimados (VGGE) comprenderá todos los efectos, algunos más grandes que la mayoría, de todos los locus de características cuantitativas (LCC, QTL en inglés). Por ende la búsqueda de LCC se torna menos importante. Además, la mayoría de segmentos cromosómicos debería comprender relativamente pequeños efectos. Este resultado corresponde al modelo infinitesimal que representa el control de un carácter cuantitativo en términos de miles de genes, cada uno con efecto pequeño, uniformemente distribuidos a través de todos los cromosomas (Meuwissen *et al.*, 2001; Schaeffer, 2006).

La selección genómica ofrece mayor potencial para lograr avances genéticos que los esquemas nucleares, la ovulación múltiple con transferencia de embriones, o la selección asistida por marcadores. Así se puede duplicar el progreso genético a menor costo en comparación con las pruebas de progenie. Las predicciones genómicas son promisorias para mejorar el potencial productivo de ganado.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos al programa de investigación sobre: "Conservación, mejoramiento y utilización del ganado criollo Hartón del Valle y otros recursos genéticos bovinos locales en el sur-occidente colombiano" de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira por su amable invitación a este simposio internacional.

BIBLIOGRAFÍA

Absalón, V. 2008. Productivity limitations and potentials for dual-purpose cow herds in the central coastal (leeward) region of Veracruz, Mexico. M. S. thesis, Cornell University, Ithaca, NY. 207 pp.

Ageeb, A. G.; Hayes, J. 2000. Reproductive responses of Holstein-Friesian cattle to the climatic conditions of central Sudan. *Trop Animal Health Prod* 32:233-243.

Ashwell, M. S.; Heyen, D. W.; Sonstegard, T. S.; Van Tassell, C. P.; Da, Y.; Van Raden, P. M.; Ron, M.; Weller, J. I.; Lewin, H. A. 2004. Detection of quantitative trait loci affecting milk production, health, and reproductive traits in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 87:468-475.

Blake, R. W.; Reinoso, A. 2001. Genetic effects for growth, milk and reproduction in Zebu-European crossbred cows in Ethiopia. Multimedia Library, learning aid #9, Livestock in Tropical Farming Systems: A course and resource materials CD-ROM. Cornell University, Ithaca, NY (<http://www.ansci.cornell.edu/courses/as400/main.html>).

Blake, R. W. 1992. Genetic decisions with current economic indexes. p 26-35 In: Large Dairy Herd Management. American Dairy Science Association, Champaign, IL USA.

Carvalho, J. G.; Blake, R. W.; Pollak, E. J.; Van Soest, P. J. 1995. Comparison of Landim and Africander cattle in southern Mozambique. II. Female fertility, reproduction, and beef offtake. *J Anim Sci.* 73:3527-3533.

Carvalho, J. G. V.; Blake, R. W.; Pollak, E. J.; Quaas, R. L.; Duran, C. V. 1998. Application of an autoregressive process to estimate genetic parameters and breeding values for daily milk yield in a tropical herd of Lucerna cattle and in United States Holstein herds. *J Dairy Sci.* 81:2738-2751.

Cienfuegos-Rivas, E. G.; Oltenacu, P. A.; Blake, R. W.; Schwager, S. J.; Castillo-Juarez, H.; Ruiz, F. J. 1999. Interaction between milk yield of Holstein cows in Mexico and the United States. *J Dairy Sci.* 82:2218-2223.

Costa, C. N.; Blake, R. W.; Pollak, E. J.; Oltenacu, P. A.; Quaas, R. L.; Searle, S. R. 2000. Genetic analysis of Holstein cattle populations in Brazil and the United States. *J Dairy Sci.* 83:2963-2974.

- Demeke, S.; Naser, F. W. C.; Schoeman, S. J. 2003. Early growth performance of *Bos taurus* × *Bos indicus* cattle crosses in Ethiopia: Evaluation of different crossbreeding models. *J Anim Breed Genet* 120:39-50.
- Elzo, M. A.; Martínez, G.; Manarique, C. 1999. Evaluación genética multirracial y su aplicación en programas de ganado criollo. p 150-158 En: Seminario Censo y Caracterización de los Sistemas de Producción de Ganado Criollo y Colombiano. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Holmann, F.; Blake, R. W.; Milligan, R. A.; Oltenacu, P. A.; Barker, R.; Hahn, M. V. 1991. Comparative economic returns from artificial insemination and natural service in straightbred and crossbred Holstein herds in Venezuela. *J Dairy Sci* 74:665-677.
- Holmann, F.; Blake, R. W.; Milligan, R. A.; Barker, R.; Oltenacu, P. A.; Hahn, M. V. 1990. Economic returns from United States artificial insemination sires in Holstein herds in Colombia, Mexico, and Venezuela. *J Dairy Sci* 73:2179-2189.
- Holmann, F., Blake, R. W., Milligan, R. A., Oltenacu, P. A., Barker, R., Hahn, M. V. and Rounsaville, T. R. 1990. Net margins from different fractions of Holstein genes in Venezuelan herds based on performance estimates by producers and advisors. *J Dairy Sci* 73:2952-2964.
- Kebede, B. 1992. Estimation of Additive and Nonadditive Genetic Effects for Growth, Milk Yield and Reproduction Traits of Crossbred (*Bos taurus* × *Bos indicus*) Cattle in Wet and Dry Environments. Ph.D. dissertation. Cornell University, Ithaca, NY. 235 p.
- Martinez, M. L.; Lee, A. J.; Lin, C. Y. 1988. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effects on lactation performance and reproduction in Brazil. *J Dairy Sci* 71:800-808.
- McDowell, R. E. 1985. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health, and fitness. *J Dairy Sci* 68:2418-2435.
- Meuwissen, T. H. E.; Hayes, B. J.; Goddard, M. E. 2001. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics* 157:1819-1829.
- Morales, F., Blake, R. W.; Stanton, T. L.; Hahn, M. V. 1989. Effects of age, parity, season of calving, and sire on milk yield of Carora cows in Venezuela. *J Dairy Sci* 72:2161-2169.
- Nicholson, C. F.; Blake, R. W.; Lee, D. R. 1995. Livestock, deforestation, and policy making: Intensification of cattle production systems in Central America revisited. *J Dairy Sci* 78:719-734.
- Norman, H. D.; Wright, J. R.; Powell, R. L. 2006. Is there a need for different genetics in dairy grazing systems? p 1-5. Mid-Atlantic Dairy Grazing Conf., 6th, Goldsboro, NC, Proc.
- Pacheco, J. R.; Vaccaro, L.; Mejias, H.; Pérez, A.; López, J.; Dorta D. 2003. Relation between Holstein bulls' proofs for milk in USA and the survival and body weights up to 18 months of their F1 zebu progeny in Venezuela. *J. Anim. Breed. Genet.* 120:162-170.

Raffrenato, E.; Blake, R. W.; Oltenacu, P. A.; Carvalheira, J.; Licitra, G. 2003. Genotype by environment interaction for yield and somatic cell score with alternative environmental definitions. *J Dairy Sci* 86:2470-2479.

Rueda, B. L.; Blake, R. W.; Nicholson, C. F.; Fox, D. G.; Tedeschi, L. O.; Pell, A. N.; Fernandes, E. C. M.; Valentim, J. F.; Carneiro, J. C. 2003. Production and economic potentials of cattle in pasture-based systems of the western Amazon region of Brazil. *J. Anim. Sci* 81:2923-2937.

Ruiz-Sánchez, R.; Blake, R. W.; Castro-Gómez, H. M. A.; Sánchez, F., Montaldo, H. H.; Castillo-Juárez, H. 2007. Short communication: Changes in the association between milk yield and age at first calving in Holstein cows with herd environment level for milk yield. *J. Dairy. Sci.* 90:4830-4834.

Rutledge, J. J. 2001. Greek temples, tropical kine and recombination load. *Livest Prod Sci* 68:171-179.

Ruvuna, F.; McDaniel, B. T. 1983. Relationships of predicted differences of dairy bulls and the performance of their crossbred progeny. *J. Anim. Sci.* 57:1133-1137.

Schaeffer, L. R. 2006. Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. *J Anim. Breed. Genet.* 123:218-223.

Syrstad, O. 1985. Relative merits of various *Bos taurus* dairy breeds for cross-breeding with *Bos indicus* cattle. *Livest. Prod. Sci.* 13:351-357.

Teodoro, R. L.; Madalena, F. E. 2003. Dairy production and reproduction by crosses of Holstein, Jersey or Brown Swiss sires with Holstein-Friesian/Gir dams. *Trop Anim Health Prod* 35:105-115.

Vaccaro, L. P. 1990. Survival of European dairy breeds and their crosses with zebu in the tropics. *Anim. Breed. Abstract.* 58:475-494.

Vaccaro, L.; López, J.; Vaccaro, R.; Verde, O.; Mejias, H.; Dorta, D.; Pérez, A. 2003. Relation between Holstein bulls' proofs for milk in USA and the milk yield, age at first calving, calving interval and survival to third calving of their F1 zebu progeny in Venezuela. *J. Anim. Breed. Genet.* 120:171-180.

Vaccaro, L. 2007. Prólogo (basado en una conferencia invitada). En: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), 20 y Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA), 30, Cusco, Perú.

Van Raden, P. M., Sanders, A. H. 2003. Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:1036-1044.

Van Raden, P.; Tooker, M. 2007. Genetic evaluations using combined data from all breeds and crossbred cows. 6 p. In: W. E. Petersen Symposium, St. Paul, MN.