

Hacia un mejoramiento genético sostenible



Bernardo Vargas Leitón, Ph.D.

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

Antecedentes

Desde tiempos antiguos, el ser humano ha domesticado distintas especies de animales con diferentes objetivos, ya sea para alimentación, trabajo, transporte, abrigo, entretenimiento, o simplemente para compañía. Según los estudios más recientes, las cinco especies zootécnicas más abundantes (bovinos, cabras, ovejas, cerdos y gallinas) fueron domesticadas en el periodo desde los 8 000 hasta los 6 000 años AC (FAO, 2015).

Las especies domesticadas por el ser humano son pocas, solo 40 entre las 50 000 especies conocidas de aves y mamíferos (FAO, 2015). La especie más abundante son las gallinas, con un estimado de 21 867 millones de animales, seguida por los bovinos (1 485 millones), ovinos (1 169 millones), caprinos (996 millones) y cerdos (966 millones). La mayor parte de la población ganadera mundial se ubica en Asia (33%) y en Latinoamérica (27%).

A partir de la domesticación, la selección natural realizada por el ambiente y la selección artificial ejercida por el ser humano, dieron origen a la aparición de las diferentes razas que se conocen actualmente, adaptadas para diferentes

ambientes, con distintas características morfológicas y de comportamiento.

El mejoramiento genético de las especies zootécnicas se viene dando desde su domesticación. En un principio se realizó mediante métodos empíricos, basados en la simple observación. A principios del siglo pasado, el mejoramiento genético tuvo un gran impulso, gracias a la proliferación de las asociaciones de raza, la implementación de los registros genealógicos, la aparición de la inseminación artificial y el avance en las metodologías de evaluación (Blasco, 2006; Vargas Leitón, 2012). Hoy en día se utilizan sofisticadas herramientas basadas en el análisis de ADN (ácido desoxirribonucleico), en con-

junto con métodos de evaluación genética sumamente complejos, provenientes del campo de la bioinformática.

El mejoramiento genético se realiza principalmente mediante dos estrategias complementarias: la selección y los cruzamientos (Vargas Leitón, 2013). Para poder realizar mejoramiento por selección, debe existir variabilidad genética INTRARRACIAL, es decir entre ellas.

Esto permite que se pueda identificar los individuos sobresalientes, con el fin de aparearlos entre sí, lo que lleva a que en las siguientes generaciones se aumente paulatinamente la frecuencia de los genes que determinan las características deseadas. La selección se ha utilizado para el mejoramiento de razas zootécnicas con resultados sorprendentes, especialmente en rasgos de alta heredabilidad, tales como la producción de leche o la ganancia de peso. En los Estados Unidos la producción de leche por lactancia de la raza Holstein se duplicó de 6 000 a 12 000 kg, en apenas 50 años (CDCB, 2017). En Costa Rica, la misma raza incrementó su producción de 5000 a 7500 kg, en 30 años (Vargas Leitón, 2012).

Por otro lado, para poder realizar mejoramiento por cruzamientos debe existir variabilidad genética INTERRACIAL, es decir, es necesario disponer de distintas razas (o líneas), con diferentes características complementarias. El cruce entre razas produce híbridos que, en muchos casos, pueden expresar una superioridad marcada (vigor híbrido) sobre la media de las razas paternas (Vargas Leitón, 2013). Los cruzamientos son especialmente eficientes en la mejora genética de rasgos de baja heredabilidad, tales como los rasgos reproductivos o de sobrevivencia. La industria avícola y porcina ha utilizado los cruzamientos de manera muy exitosa, mediante la combinación de líneas maternas, seleccionadas por fertilidad y habilidad materna, con líneas paternas, seleccionadas por crecimiento y producción de carne magra (Blasco, 2006). De esta manera, el cerdo comercial combina las ventajas de la selección, el vigor híbrido y la complementariedad de razas.

Las tendencias actuales a nivel mundial muestran un rápido aumento en la demanda de carne, leche y huevos, como consecuencia del crecimiento demográfico, del incremento de los ingresos y de la urbanización (Steinfeld y otros, 2009). El incremento en el nivel de ingresos también está produciendo una reorientación en los hábitos alimentarios, de los alimentos básicos hacia los productos de origen animal (FAO, 2012). Para el año 2050, se proyecta que la demanda por carne y leche, a nivel mundial, se incrementará en un 73% y 58%, respectivamente, en comparación con el año 2010.

En respuesta a este aumento en la demanda, la producción pecuaria también muestra un crecimiento sostenido. Se prevé que la producción mundial de carne y leche se duplicará para el 2050 (FAO, 2012). Se observa además un desplazamiento hacia la producción de carne de cerdo y aves, en detrimento de la carne de rumiantes, y hacia dietas basadas en granos o alimentos concentrados, en vez de piensos de escaso valor nutricional (Steinfeld y otros, 2009). La población avícola se incrementó en un 30% en un periodo menor a 10 años (FAO, 2015).

Problemas asociados al mejoramiento genético tradicional

Desde el punto de vista de sostenibilidad, los programas tradicionales de mejoramiento genético han sido objeto de diversas críticas, las más importantes se describen brevemente a continuación:

a) Reducción de la diversidad racial. El auge de la producción animal intensiva, en la que se utiliza una gama reducida de razas especializadas, ha traído consigo la marginación y desaparición, en algunos casos, de los sistemas de producción tradicionales y de las razas locales.

Según el último informe de situación de los recursos genéticos mundiales (FAO, 2015), entre las cinco principales especies zootécnicas se documentan un total de 6 069 razas, de las cuales un 9% ya están extintas y un 16% se clasifican en

estado “crítico” o “en peligro de extinción” (Figura 1). Es probable que la cifra real de las razas amenazadas sea mucho más elevada, dado que para una gran mayoría (57%) se desconoce su status. Solamente un 19% de las razas se consideran fuera de peligro.

La pérdida de razas representa una seria amenaza para el mantenimiento de los recursos genéticos. Existen diversas razones por las cuales es importante conservar las razas, entre ellas: mantener los genes que puedan ser útiles en el futuro, apoyar sistemas sostenibles de producción animal para la seguridad alimentaria, mantener la variabilidad genética para su uso posterior y conservar el patrimonio cultural e histórico (Blasco, 2006).

Desde un punto de vista productivo, existen numerosos reportes en distintas especies de razas que poseen características valiosas, como una marcada resistencia a parásitos internos o externos, o una mayor tolerancia al calor (FAO, 2015). Algunas razas ovinas y porcinas son portadoras de genes, que les confieren mayor fertilidad y fecundidad. (Figura 1)

b) Reducción de la diversidad genética. Otra consecuencia de la selección intensiva del ganado ha sido el aumento indeseado en los niveles de consanguinidad. Esto significa que la diversidad genética dentro de las razas se está reduciendo debido, en parte, a la utilización de pocos sementales muy populares, con fines de mejora genética. Por ejemplo, uno de los toros lecheros más exitosos ha producido más de 80 000 hijas, 2.3 millones de nietas y 6.5 millones de bisnietas a nivel mundial. El nivel de consanguinidad de las razas Holstein y Jersey en Estados Unidos se elevó aproximadamente un 7% desde 1960 hasta 2016 (CDCB, 2017).

El aumento en consanguinidad trae consigo un fenómeno conocido como “depresión consanguínea”, que es causado por la expresión de genes recesivos nocivos en estado de homocigosis (Blasco, 2006). Esta depresión se manifiesta, principalmente, como una reducción en la

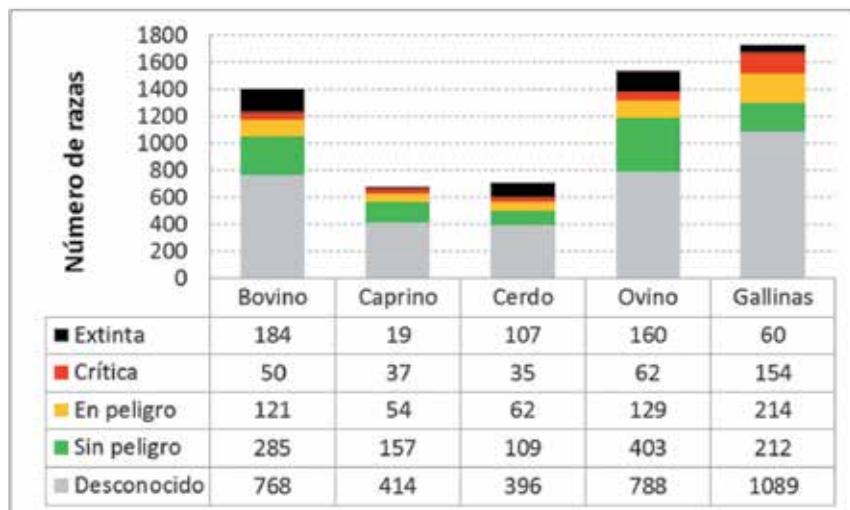


Figura 1. Número de razas según estado de peligro para las cinco especies zootécnicas más abundantes (Modificado de FAO, 2015)

fertilidad, la resistencia a enfermedades y la longevidad.

c) Impacto ambiental creciente. Como consecuencia del marcado aumento en la producción e intensificación de la producción animal, existe gran preocupación por el creciente impacto ambiental que esto conlleva. El sector pecuario se señala como uno de los principales contribuyentes al calentamiento global, siendo responsable del 5% de las emisiones antropogénicas globales de dióxido de carbono, 44% de las emisiones de metano y 53% de las de óxido nítrico (Gerber y otros, 2013). Del total de estas emisiones, el aporte principal es del ganado bovino (65%), mientras que las demás especies contribuyen entre un 7 y un 10% cada una. Las fuentes de emisión más importantes están en la producción, procesamiento y transporte del alimento para animales (45%) y en la fermentación entérica (40%).

La producción pecuaria también juega un papel importante en la degradación

de las tierras. El sector pecuario ocupa aproximadamente el 30% de la superficie terrestre, ya sea directamente, a través del pastoreo; o indirectamente, mediante el terreno dedicado a la producción de cultivos forrajeros (Steinfeld y otros, 2009). La transformación hacia sistemas más intensivos y la expansión de áreas dedicadas a los cultivos forrajeros trae como consecuencia la destrucción de bosques y reducción de la biodiversidad. El sector ganadero también se señala como responsable importante de la contaminación de los entornos periurbanos, así como de la eutrofización de ríos y lagos, el agotamiento del agua, la acidificación de los suelos y la contaminación por pesticidas.

d) Amenazas al bienestar animal y humano. En cuanto a bienestar animal las críticas más frecuentes que se le hacen al sector ganadero se relacionan con algunas prácticas tradicionales, tales como la castración, el descorne, el marcaje en el ganado; el corte de colas, colmillos y castración al nacimiento en cerdos; o el corte de picos en

aves de postura. Otras críticas se enfocan a los sistemas de alojamiento, tales como el uso de jaulas con alta restricción para la movilidad en aves y cerdos, así como galpones con altas densidades de población y poca circulación de aire. En ciertos casos se han hecho críticas también a los métodos de manejo o de matanza, por parte de los operarios. En general, todas estas prácticas han sido criticadas como causantes de dolor o estrés y, por consiguiente, afectan el bienestar animal.

Por otra parte, entre las amenazas más importantes a la salud humana se mencionan, por ejemplo, los casos de aparición de brotes de enfermedades de origen animal; por ejemplo, BSE (Bovine spongiform encephalopathy), influenza aviar, salmonella, o casos de contaminación de alimentos (por ejemplo, dioxinas). Aunque estos tienden a ser esporádicos, se considera que la intensificación y globalización de la producción facilita, en parte, la aparición y dispersión de nuevas enfermedades y episodios de contaminación. Otras críticas de índole más general se relacionan con el uso indiscriminado de antibióticos, de OGM (Organismos Genéticamente Modificados) y otras sustancias como hormonas, promotores de crecimiento; cuyo efecto posterior sobre la salud humana es objeto de debate. La contaminación del aire, suelo y agua puede conllevar también a la afectación de la salud humana.

Mejoramiento genético sostenible

Como consecuencia de los problemas descritos previamente, el sector pecuario hoy en día está sujeto a una serie de demandas que la sociedad plantea, que conciernen directamente a los programas de mejoramiento genético. Entre estas demandas, las principales son: la necesi-



dad de producción de alimentos inocuos en mayor cantidad y calidad; la procura de mejores condiciones de crianza con mayor salud y bienestar animal; y la necesidad de reducir o mitigar el impacto ambiental (Gamborg y Sandoe, 2003).

¿Cómo se puede maximizar la productividad animal de manera ecológica, social y ambientalmente aceptable?

Es obvio que la respuesta a esta interrogante va mucho más allá del mejoramiento genético. Sin embargo, en lo que concierne a esta disciplina, existen una serie de acciones que se han venido poniendo en práctica, algunas a nivel mundial y otras a nivel regional o local. Seguidamente se describen brevemente algunas de estas iniciativas.

a) Programas de conservación de recursos genéticos animales. A partir de 1995, la FAO creó la Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (CRGAA), mediante la cual se pretende el desarrollo de una estrategia mundial para la gestión de los recursos genéticos de los animales de granja (FAO, 2015). En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (Roma, 1996) los gobiernos del mundo se comprometieron a promover la conservación y la utilización sostenible de los recursos zoogenéticos.

Para poder llevar a cabo este plan es necesario conocer cuál es el status de las razas ganaderas actuales, cuáles poseen características que justifiquen su conservación, y cuál es su distribución tanto geográfica, como por sistema de producción. Para este fin, se ha desarrollado un sistema de información, en el que se mantiene un inventario de la diversidad genética de los animales domésticos (DAD-IS <http://dad.fao.org/>). El programa ha logrado tener un impacto positivo; sin embargo, existe todavía un 57% de las razas para las cuáles se desconoce su status actual (Figura 1).

La conservación de razas se lleva a cabo mediante dos tipos de estrategias: in vivo o in vitro (Blasco, 2006). Las estrategias in vivo pretenden el mantenimiento de poblaciones vivas de una raza, en su mismo entorno productivo (in-situ), o en áreas protegidas dedicadas a la conservación (ex-situ). La conservación en el mismo entorno productivo es, generalmente, preferible, partiendo del criterio de que cada raza juega un papel sociocultural importante en su lugar de origen. Por el contrario, la conservación in vitro se refiere a la colección y preservación de material genético en nitrógeno líquido. Esta estrategia puede ser un complemento valioso a la alternativa in vivo, sobre todo en aquellas razas donde existen genes que pueden ser importantes para el futuro. Según el último informe, un 52% de los países del mundo reportan contar con al menos un programa de conservación in vivo y un 37% con programas de conservación in vitro (FAO, 2015). Esto, sin embargo, no ha evitado la extinción de numerosas razas durante las últimas décadas.

b) Modificación de los objetivos de selección. Los programas de mejoramiento genético deben estar basados en objetivos de selección. Tradicionalmente, estos se enfocaron hacia rasgos productivos (leche, carne, huevos, lana). Recientemente, en respuesta a las nuevas demandas de la sociedad y el mercado, los objetivos de selección se han diversificado con el fin de contemplar no solo rasgos productivos, sino también funcionales, o sea aquellos relacionados con aspectos tales como la salud, la reproducción y la durabilidad.

La selección simultánea para múltiples rasgos requiere del uso de índices de selección, en los cuales se pondera la importancia relativa de distintos rasgos, utilizando criterios económicos o de otro tipo. En la Figura 2, se ilustra la importancia relativa que tienen los rasgos productivos, la durabilidad y salud/reproducción en los índices de selección de ganado lechero de distintos países. Los principales rasgos relacionados con durabilidad

en ganado lechero son la longevidad, el tamaño corporal, y la conformación de patas y ubres; mientras que los rasgos incluidos en salud/reproducción son principalmente la resistencia a mastitis, la facilidad de parto y la tasa de concepción.

En la Figura 2, se puede observar que algunos países (Noruega y Dinamarca) actualmente dan un marcado énfasis a los rasgos relacionados con durabilidad y salud/reproducción. El caso de Noruega es ejemplar, debido a que la selección por rasgos funcionales se viene dando desde finales de los años setenta (FAO, 2015). Como resultado, la tendencia genética en este país ha sido positiva con respecto a la fertilidad, con un índice de no retorno, a los 60 días, del 73.4%. Además, entre 1999 y 2005, la incidencia de mastitis se redujo del 28% al 21%, la incidencia de partos distócicos es menor al 2% y la incidencia de terneros que nacen muertos es menor al 3%. Por otro lado, la producción láctea por lactancia, en los mejores hatos, supera los 10 000 kg y las mejores vacas producen más de 16 000 kg.

En otras especies se observan tendencias similares en los objetivos de selección. En ovejas, algunos programas de selección ahora incluyen rasgos relacionados con durabilidad, tales como conformación corporal o resistencia a parásitos; o rasgos reproductivos como tamaño de camada, habilidad materna y tasa de destete (FAO, 2015).

C) Impacto ambiental. En el área de impacto ambiental existen algunas iniciativas recientes que buscan disminuir la huella de carbono de las explotaciones zootécnicas, por medio del mejoramiento genético. Un ejemplo es el proyecto METHAGENE (<http://www.methagene.eu/>) que pretende desarrollar e implementar métodos baratos para medir las emisiones de metano en bovinos, ya sea de manera directa o indirecta, para que en un futuro próximo esta información pueda ser incorporada en los índices de selección.

En relación con lo anterior, se debe tener presente que la intensificación de los sis-

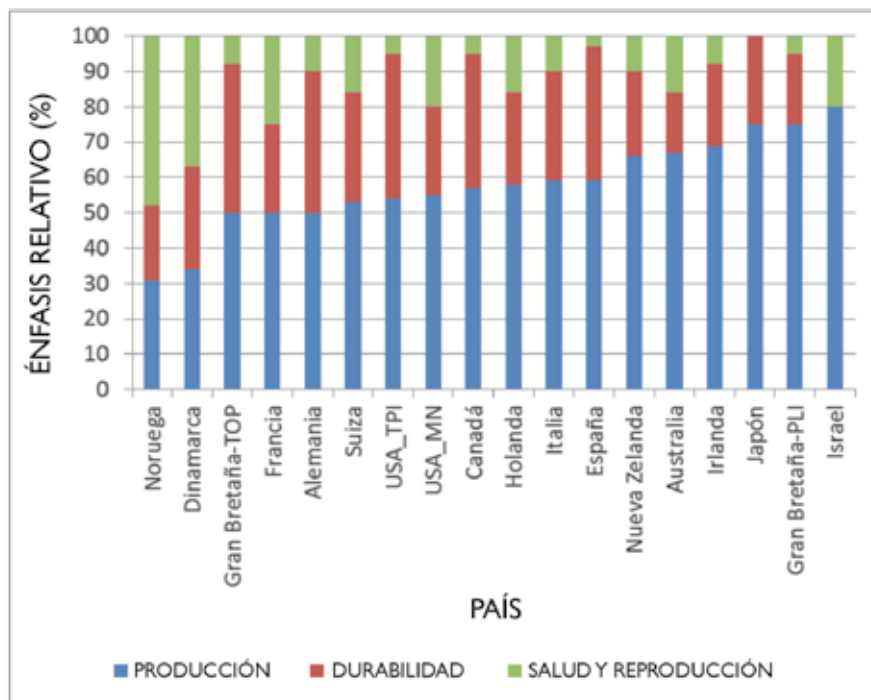


Figura 2. Importancia relativa de rasgos de producción, durabilidad y salud/reproducción, en los índices de selección para ganado lechero de distintos países (modificado de Miglior, 2006).

temas de producción no necesariamente va ligada a un mayor impacto ambiental. Los animales criados en sistemas intensivos llegan mucho antes al peso de sacrificio comercial, por lo que pueden producir menos CO2 y contaminantes, por unidad de producto, que aquellos criados en sistemas de producción extensivos (Blasco, 2006). Por otro lado, la necesidad de proteger los recursos naturales implica que todo incremento futuro en producción, deberá provenir de aumentos en productividad (unidades de producto por unidad de recurso) (FAO, 2012). No obstante, se requiere asegurar que este aumento en productividad no sea a expensas del bienestar animal, humano y del ecosistema en general.

En el campo del bienestar animal, el mejoramiento genético ya ha demostrado tener tenido éxito en la modificación de características de comportamiento, con el fin de favorecer las condiciones de vida de los animales. En cerdos es posible seleccionar los individuos más resistentes al estrés, con base en la prueba del gas halothano. En gallinas, la selección ha

permitido disminuir las tasas de canibalismo (FAO, 2015). En general, la selección por rasgos funcionales también contribuye a un mayor bienestar animal, por ejemplo, mediante el aumento en la resistencia o tolerancia a las enfermedades o por medio del aumento en longevidad. La consecución del bienestar animal, sin embargo, requiere, en muchos casos, de modificaciones en las prácticas de manejo o en los sistemas de alojamiento, como ya está sucediendo en muchos países, sobre todo en Europa, con el fin de eliminar o modificar prácticas que causan estrés o dolor.

A pesar de las iniciativas anteriores, existe todavía mucho trabajo por hacer en la definición e implementación de objetivos de selección congruentes con un mejoramiento genético más sostenible. La inclusión de rasgos funcionales en los índices de selección enfrenta todavía varias dificultades (Blasco 2006; FAO, 2015). La mayoría de estas características son de baja heredabilidad y/o difíciles de medir. Las bases genéticas de estos rasgos no se conocen con claridad

todavía. En algunos casos existen correlaciones genéticas no deseadas entre rasgos, lo que significa que no se puede conseguir progreso genético en funcionalidad, sin sacrificar parte del progreso en productividad. Por otra parte, se necesita más investigación sobre alternativas de mejoramiento genético, orientadas a un aprovechamiento óptimo de las fuentes de alimentos de menor calidad y dirigidas a promover una mayor adaptabilidad y tolerancia al estrés metabólico.

d) **Nuevo auge de los programas de cruzamiento.** Los problemas vinculados al aumento de la consanguinidad a nivel internacional han suscitado un mayor interés por los cruzamientos en el ganado bovino. Un primer beneficio de los cruzamientos es la reducción inmediata de los niveles de consanguinidad. Por otro lado, los cruzamientos son particularmente útiles para el mejoramiento genético de rasgos funcionales, como la fertilidad y la sobrevivencia, ya que estos son de baja heredabilidad.

Los estudios de cruzamientos con ganado lechero han encontrado sistemáticamente considerables niveles de heterosis, en cuanto a caracteres asociados con la producción de leche, fertilidad y supervivencia (Owens, 2013). No obstante, el uso de estos requiere de una adecuada planificación, de manera que se pueda lograr el mejor aprovechamiento del vigor híbrido y la complementariedad de las razas. La evaluación genética conjunta de múltiples razas, realizada actualmente en varios países, permite conjuntar los beneficios de la selección y de los cruzamientos, de manera más eficiente.

En los casos en los que el cruzamiento no es una opción viable, se requiere de otro tipo de medidas para mantener los niveles de consanguinidad bajos. Existen hoy en día numerosas herramientas informáticas utilizadas por las empresas mejoradoras o por hatos individuales (Blasco, 2006), mediante las cuales es posible planificar y optimizar los apareamientos, de manera que se minimicen los niveles futuros de consanguinidad, en la población o en el hato.

e) Nuevos avances en genética molecular. Los inicios del presente siglo han significado el advenimiento de una nueva era en el mejoramiento genético, que se ha hecho más evidente con la implementación de la selección genómica en ganado lechero y porcino, hace tan solo unos pocos años.

Mediante pruebas de ADN realizadas sobre pequeñas muestras de tejido (pelo, semen, sangre) es posible obtener perfiles genéticos sumamente detallados de los animales de una población desde el mismo momento de su nacimiento. Estos perfiles proporcionan información sobre la constitución genética de un individuo en un número elevado de marcadores o sitios (>700000), distribuidos uniformemente en su código genético. Muchos de estos marcadores se pueden asociar con diferentes características productivas del animal. La selección genómica ya está siendo utilizada con éxito, principalmente en el ganado lechero. En la última evaluación genética del ganado Holstein en Norteamérica (abril, 2017) 98 de los 100 toros mejor ranqueados fueron toros genómicos, es decir, toros que aún no tienen ninguna hija en producción, pero que gracias a sus pruebas de ADN han sido identificados como sobresalientes.

La selección genómica puede ser una herramienta muy útil para el mejoramiento de rasgos que son difíciles o costosos de medir, o que solo pueden medirse a edades avanzadas (por ejemplo: peso adulto, índices de conversión o mortalidad, resistencia a enfermedades). Sin embargo, dado que se trata de un avance reciente, su uso para esta finalidad está apenas en sus inicios. La expectativa es que en un futuro muy cercano, se pueda realizar una selección más eficiente y rápida sobre las características funcionales, utilizando herramientas de la genómica.

Los avances en la genómica tienen beneficios adicionales importantes, tales como la identificación temprana de animales portadores de genes recesivos nocivos, causantes de anomalías tales como BLAD (Deficiencia de Adhesión Leucoci-

taria Bovina), DUMPS, CVM (Malformación Vertebral Congénita) en ganado lechero, o conjuntos de genes (haplotipos) promotores de abortos y otros trastornos reproductivos. De esta manera estos animales pueden ser eliminados de la reproducción, con el consecuente beneficio para la productividad de los hatos. La genómica se usa también para obtener estimaciones más precisas del nivel de consanguinidad en una población, o para la reconstrucción de la genealogía y la verificación de relaciones de parentesco.

Consideraciones a nivel de Latinoamérica

En el pasado la implementación de programas de mejoramiento genético en países en desarrollo, especialmente en la zona tropical, ha presentado serias dificultades (Philipsson y otros, 2006). Las razones son diversas: recursos económicos limitados e infraestructura deficiente, ausencia de objetivos claros con planificación a largo plazo, poblaciones animales reducidas, así como la amplia diversidad de razas, ambientes y sistemas de producción.

Estas condiciones han dado paso a que el mejoramiento genético se haya basado en la introducción paulatina de tipos raciales exóticos, generalmente, mediante cruzamientos absorbentes o por simple sustitución de las razas locales, con resultados variables, dependiendo de las condiciones agroecológicas y de los sistemas de producción.

En ganado bovino, la producción a nivel de Latinoamérica es y seguirá siendo a base de pastoreo, por lo que es altamente dependiente de las condiciones agroecológicas y del clima. Los parámetros productivos a nivel latinoamericano son todavía bajos, por lo que es posible y necesario un incremento en los niveles de producción, por animal y por área.

El mejoramiento genético en esta región debe orientarse a la crianza de animales mejor adaptados a estas con-

diciones: robustos, resistentes al clima, parásitos y enfermedades, longevos, fértiles y, además, productivos. Esto, sin duda, requiere también de mejoramiento de la nutrición y del control sanitario. Se necesita, al mismo tiempo, promover los sistemas integrados agroforestales, con el fin de lograr un máximo aprovechamiento de las fuentes de alimento locales, en armonía con el ambiente.

Hoy en día los programas de mejoramiento genético operan a escala global, lo cual representa una oportunidad, en tanto que existe relativa facilidad de acceso al mejoramiento genético. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, estos programas de mejoramiento todavía no contemplan los requerimientos específicos de los sistemas de producción tropicales. Esto no es tan determinante en las industrias avícola y porcina, que dependen menos de las condiciones ambientales; pero sí es un problema clave para los sistemas de producción bovinos, caprinos y ovinos. Por lo tanto, es necesario ejercer un mayor control y monitoreo sobre el uso que se da a estos recursos genéticos.

La implementación de programas de mejoramiento tradicional apoyados en pruebas de progenie es difícil a nivel local, dado su alto costo y otras consideraciones de tipo técnico. Los sistemas basados en núcleos abiertos de mejoramiento son más factibles, pero también requieren de la cooperación entre productores, asociaciones de raza, la industria y las instituciones del sector.

En la búsqueda de un mejoramiento genético sostenible, la región latinoamericana presenta condiciones agroecológicas que le confieren ventaja a nivel global. Sin embargo, se necesita la definición de objetivos de mejoramiento, congruentes con estas condiciones y con los objetivos de desarrollo de diferentes países o regiones. A partir de ahí se pueden establecer estrategias orientadas a aprovechar los beneficios de la selección y de los cruzamientos.

Referencias:

Blasco, A. 2006. Animal breeding methods and sustainability. In Encyclopedia of sustainability science and technology. P. 389-405.

CDCB (Council on Dairy Cattle Breeding). 2017. USDA evaluations for available Holstein Sires. Disponible en <https://www.uscdcb.com/dynamic/sortnew/current/OHOnm.html>

FAO. 2012. Ganadería mundial 2011 – La ganadería en la seguridad alimentaria. Roma, FAO.

FAO. 2015. The second report on the State of the world's animal genetic resources for food and agriculture, edited by b.d. Scherf & D. Pilling. Roma, FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>

Gamborg, C.; Sandoe, P. 2003. The making of sustainability in farm animal breeding and reproduction. Sustainable European Farm Animal Breeding and Reproduction (SEFABAR). Satellite symposium to 54th Annual Meeting of EAAP.

Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Faluccci, A.; Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Miglior, F.; Muir, B.L.; van Doormaal, B.J. 2005. Selection indices in Holstein cattle of various countries. Journal of Dairy Science 88:1255-1263.

Owens, P. 2010. A literature review on crossbreeding in dairy cattle. Disponible en: <http://digitalcommons.calpoly.edu/dscisp/31/>

Philipsson, J.; Rege, J.E.O.; Okey, A.M. 2006. Sustainable breeding programmes for tropical farming systems. In: Animal Genetics Training Resource, version 2, 2006. Ojango, J.M., Malmfors, B. and Okeyo, A.M. (Eds). International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M., de Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones. Traducción española de la edición inglesa de la obra "Livestock's Long Shadow" (FAO, 2006) 465 p.

Vargas Leitón, B. 2012. Mejoramiento genético del ganado lechero en el contexto global y local. Revista InfoHolstein. (Diciembre 2012): 6-14.

Vargas Leitón, B. 2013. Mejoramiento genético: herramienta para incrementar la productividad del hato lechero. Revista UTN, Informa al Sector Agropecuario (66):6-14.

ALTELECSA
 Alternativas Electromecánicas S.A.

penagos

PP300
 600 A 800 kg/h
 15 animales

PP600
 1000 A 1500 kg/h
 30 animales

PP800
 2000 A 2500 kg/h
 2 tipos de corte
 50 o 60 animales

PP1200
 4000 A 5000 kg/h
 4 tipos de corte
 100 o más animales

PE-1200

Taller de servicio, mantenimiento y reparaciones para la zona de San Carlos. Tel. 8954-9979

• Trituradores de desechos vegetales
 • Máquinas para picar pasto de todo tamaño
 • Motores eléctricos para picadoras, instalados y probados

Cada vez son más los clientes satisfechos con nuestros servicios, máquinas entregadas en el sitio, probadas a satisfacción, servicio post-venta garantizado.

Palmares, Alajuela, Costa Rica Tels: 2452-0517 / 8330-6066 www.altelecsa.com

Celocheck
 PINTURA MARCADORA DE GANADO

WEIZUR
 CONTACTANOS
 holacostarica@weizur.com