

50° Aniversario de ALPA
XXV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
Recife 07 al 10 de noviembre de 2016

Programas de mejora genética de rumiantes menores basados en comunidades

Joaquín Pablo Mueller¹

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Bariloche 8400, Argentina

Community based small ruminant genetic improvement programs

Abstract. A recent revision of the state of knowledge, principles and examples of breeding programs described as community based (CBBP) indicates that such programs typically relate to low-input systems with farmers having a common interest to improve and share their genetic resources. CBBP are more frequent with keepers of small ruminants, in particular smallholders of local breeds, than with cattle, pigs or chickens, with which farmers may have easier access to genetic material and alternative breeding programs. Constraints on the adoption of conventional breeding technologies in low-input-systems cover a range of organizational and technical aspects. The analysis of seven CBBP with small ruminants located in countries of Latin-America, Africa and Asia highlights the importance of bottom-up approaches and involvement of farmers and local institutions in the planning and implementation stages. The analysis also reveals a high dependence of these programs on organizational, technical and financial support. Formal socio-economic evaluations of CBBP provide governments and other development agencies with the information necessary for up-scaling and out-scaling successful experiences.

Key words: Breeding objective, Breeding structure, Goats, Llamas, Participatory breeding, Selection, Sheep, Smallholder

Resumen. Una revisión reciente del estado del conocimiento, principios y ejemplos de programas de mejoramiento, descritos como basados en comunidades (PMBC), indica que por lo general se refieren a sistemas de bajos insumos con productores que tienen un interés común para mejorar y compartir sus recursos genéticos. PMBC son más frecuentes con productores de rumiantes menores, en particular pequeños productores de razas locales, que con bovinos, porcinos o aves de corral, para los cuales los productores suelen tener un acceso más fácil a material genético o programas alternativos. Restricciones que limitan la adopción de las tecnologías convencionales de mejoramiento genético en sistemas de bajos insumos cubren una gama de aspectos organizativos y técnicos. El análisis de siete PMBC ubicados en países de América Latina, África y Asia pone de relieve la importancia que tiene la participación de los productores e instituciones locales en las etapas de planificación e implementación desde su inicio. El análisis también revela una alta dependencia de estos programas de apoyo organizativo, técnico y financiero. Evaluaciones socioeconómicas formales de PMBC proporcionan a los gobiernos y otros organismos de desarrollo la información necesaria para aumentar la escala y extender las experiencias de programas exitosos.

Palabras clave: Cabras, Cría participativa, Estructura genética, Llamas, Objetivos de cría, Ovejas, Pequeños productores, Selección

¹ Autor para la correspondencia: Joaquín Mueller mueller.joaquin@inta.gob.ar

Introducción

En países desarrollados y en sistemas de producción con alto uso de insumos, el mejoramiento genético sistemático de las especies de ganado se basa en esquemas de registros de producción y evaluación genética a gran escala y hay productores y empresas que se especializan en la oferta de material genético y servicios de reproducción. En cambio en países en desarrollo y en sistemas de producción con bajo uso de insumos, tales esquemas y servicios son poco comunes. Los reproductores, semen o embriones que se ofrecen a menudo no tienen las características deseadas para el ambiente de producción. Los productores en estos sistemas tienen limitaciones de infraestructura para producirse sus propios reproductores y tienen dificultades para afrontar los costos para la adquisición de reproductores, costos que incluyen el aprovisionamiento, selección, compra y transporte de los animales requeridos.

Los problemas para acceder a reproductores mejoradores impiden a estos productores mejorar eficazmente la producción a través de la cría sistemática. Los productores que enfrentan tales dificultades y que se encuentran en situaciones similares pueden estar interesados en los denominados "programas de mejoramiento basado en la comunidad" (PMBC).

Los programas de mejoramiento descriptos como PMBC incluyen una serie de situaciones (ver por ejemplo Soelkner *et al.*, 1998; ICAR-FAO, 2000) pero por lo general se refieren a sistemas de producción de bajos insumos con los productores dentro de límites geográficos limitados, y que tienen interés en trabajar conjuntamente para la mejora de sus animales. Al usar el término "comunidad", se entiende fuertes vínculos sociales entre esos productores más que una referencia al lugar físico. Los participantes de PMBC se pueden organizar para recibir ayuda de instituciones y extensionistas pero el poder en la toma

de decisiones recae en ellos mismos, por lo que también son los propietarios del programa. Por lo tanto los PMBC se construyen de abajo hacia arriba con enfoques participativos a partir de los lazos sociales existentes dentro de la comunidad. Los beneficios de las mejoras conseguidas con el PMBC se suponen van a ser compartidos entre los miembros de la comunidad.

El uso de los recursos genéticos propios de la comunidad para producir reproductores en lugar del uso de reproductores producidos externamente influye fuertemente en el programa de mejora. Los animales seleccionados por sus propios productores y en el propio ambiente serán obviamente mejoradores para la comunidad, algo que no siempre se garantiza al incorporar reproductores externos. Las cabañas que ofrecen reproductores en sistemas convencionales a menudo están ubicadas en ambientes mucho más favorables, donde son seleccionados visualmente para impresionar en las exposiciones y para producir en esos ambientes favorables. Tabla 1 resume las características distintivas de PMBC y su diferencias con los programas de mejora genética convencionales.

Los PMBC son una oportunidad para la aplicación de estrategias de mejoramiento que podrían mejorar la producción ganadera con éxito en zonas rurales con recursos limitados. Además los PMBC también proporcionan la única opción sostenible para la conservación local de los recursos zoo-genéticos, cuál es su utilización y mejoramiento. Sin embargo la implementación de PMBC también es un reto, en particular su sostenimiento en el tiempo (Kosgey *et al.*, 2006; Wurzinger *et al.*, 2011). En este trabajo se hace una revisión de los principios básicos y consideraciones esenciales para el establecimiento de PMBC basándose fuertemente en una publicación reciente sobre el tema que incluye el análisis de casos concretos (Mueller *et al.*, 2015a).

Bases para la Planificación de Programas de Mejora Comunitarios

La planificación de PMBC sigue los mismos principios y pasos básicos de la planificación de programas de mejoramiento convencionales. Estos pasos incluyen: la consideración de los entornos favorables; la comprensión del sistema de producción y definición del objetivo de mejora genética; la elección de los criterios de selección y registros de producción; el establecimiento de una estructura genética y su organización; y la evaluación del programa propuesto. Las pautas generales para este proceso de planificación fueron dadas por FAO (2010)

y Philipsson *et al.* (2011). Directrices más específicas para el diseño de PMBC, adaptados para los sistemas de pequeños rumiantes en África, fueron dadas por Haile *et al.* (2011) y para las zonas áridas de Latinoamérica por Mueller (2013). En las siguientes secciones se revisa el conocimiento actual sobre los elementos esenciales para la planificación de PMBC.

Consideraciones sobre entornos favorables al planificar PMBC

En el pasado, los lugares y grupos destinatarios para implementar PMBC han sido elegidos e

Tabla 1. Características típicas de programas de mejora convencionales y comunitarios

Características	Programas de mejora convencionales	Programas de mejora comunitarios
Límite geográfico	Regional - interregional	Comunidades
Orientación	Comercial	Subsistencia - comercial
Agente del programa	Compañía de cría - organización de criadores	Productor - criador
Objetivo de mejora	Definido por la compañía de cría - organización de criadores	Definido por el productor - criador
Estructura de la cría	Gran escala - piramidal	Pequeña escala - uno o dos estratos
Recursos genéticos	Razas internacionales	Razas locales
Infraestructura	Disponible	Limitada
Manejo	Intensivo - altos insumos	Extensivo - bajos insumos
Tomador de riesgos	Empresa - organización de los productores	Productor
Decisión sobre la distribución de los beneficios	Variable	Productor

impulsados en base a vínculos personales e iniciativas de investigadores, por proyectos o programas de investigación, a veces por los gobiernos locales, pero rara vez por las propias comunidades. En general una justificación *a posteriori* de la elección del lugar y grupo era haber considerado la motivación de los productores, sus condiciones de vida, el valor genético de sus animales, los mercados potenciales para los productos regionales, así como la voluntad política, viabilidad, logística y apoyo. Estos criterios son válidos pero deben ser revisados más bien *a priori*, como pre-requisitos antes de comenzar el PMBC y así asegurar su éxito a largo plazo. Un procedimiento útil en este sentido es organizar talleres con los productores donde se discutan las prioridades de intervención y las evaluaciones de impacto *ex ante*. Por lo tanto un PMBC ideal debería ser impulsado por toda la comunidad o al menos debe ser respaldada por una fuerte motivación de un grupo de sus integrantes desde el inicio. La motivación debe estar reflejada en su interés en el proyecto de mejoramiento, su organización, su disposición de adoptar innovaciones, de respetar las reglas y hacerse cargo de las responsabilidades. El mantenimiento de la motivación de los productores requiere la generación de incentivos: por ejemplo, la devolución de la información procesada, oportunidades de formación, la promoción de productos y acceso a mercados.

Otro requisito para que un PMBC sea sostenible más allá de la duración de un proyecto financiado externamente es que exista la voluntad política expresada en el apoyo del gobierno al PMBC. Para ello la planificación del PMBC debe estar en armonía con las prioridades y los programas de desarrollo gubernamentales, tal que tengan los marcos legales para ser sujetos de créditos o subvenciones. Actores gubernamentales, como el servicio de extensión regional, deben participar desde la etapa inicial de la planificación del programa. En general, el PMBC debe basarse en las estructuras e instituciones existentes (Soelkner *et al.*, 1998; Kosgey y Okeyo, 2007). Las partes interesadas tendrán que cumplir con las normas y reglamentos que se determinan colectivamente. Se debe invertir en el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades de los productores, responsables políticos, instituciones y organizaciones que tienen participaciones clave en el apoyo al programa de mejoramiento.

Análisis del sistema de producción y definición del objetivo de cría

La caracterización del sistema de producción es el primer paso en el diseño de un PMBC (Scherf y Tixier-Boichard, 2009; Dossa *et al.*, 2009; FAO, 2010). Este ejercicio tiene que considerar varios aspectos: el uso de la tierra, la descripción de los recursos genéticos, la caracterización de sus productos y su destino, y el rol de la ganadería en el hogar y en la

comunidad. Un análisis del mercado es importante; ya que sistemas de subsistencia puros son más bien raros y es necesario conocer el mercado al cual apuntan los productos a mejorar con el programa. En todo caso es importante conocer el contexto bajo el cual se crían los animales y los motivos para conservarlos. En esta etapa también se debe documentar la infraestructura y la disponibilidad de los servicios de extensión disponibles. La información puede ser recogida mediante encuestas y seguimiento de los establecimientos (Chambers, 1998).

Métodos para la identificación de las preferencias de los productores por razas específicas y por objetivos de mejora han recibido considerable atención de investigadores. Algunos autores investigaron las preferencias de los productores por razas o tipos de animales específicos (Bebe *et al.*, 2003; Scarpa *et al.*, 2003a, 2003b; Tano *et al.*, 2003; Roessler *et al.*, 2008). Estos estudios tienen por objeto comprender las razones de los productores por la elección de animales de raza local, o por animales de determinadas cruza con razas exóticas. Otro grupo de autores observaron la función de la ganadería en el sistema de producción y su relevancia para el sustento de los productores (Markemann *et al.*, 2009; Markemann y Valle Zárate, 2010; Gebre *et al.*, 2012). Otros autores investigaron los criterios de selección y los objetivos de mejoramiento practicados en los diferentes sistemas de producción (Adams *et al.*, 2002, Jaitner *et al.*, 2003; Lanari *et al.*, 2005; Wurzinger *et al.*, 2006; Ndumu *et al.*, 2008; Kassie *et al.*, 2009; Duguma *et al.*, 2011). Gizaw *et al.* (2010) muestran que los rasgos de adaptación, tales como resistencia a una enfermedad, pueden ser igual o aún más importantes que los rasgos de producción. Estos autores también señalan que el aspecto general del animal puede influir fuertemente en su valor, en particular en los mercados tradicionales. También se destaca la importancia de valorar el conocimiento de los productores en la definición del objetivo de mejora genética. Los resultados obtenidos utilizando diferentes métodos para evaluar los objetivos de cría (por ejemplo, tarjetas de elección y clasificación de animales vivos) pueden ser ponderados y utilizados en el diseño y la implementación de PMBC (Mirkena *et al.*, 2012). Todos estos estudios confirman que los animales se mantienen para una variedad de propósitos con diferentes énfasis. De todos modos, la larga lista de rasgos que productores pueden sugerir, necesita ser recortada y formulada como una función objetivo. Por lo general deben considerarse rasgos de gran relevancia económica o biológica que tengan una razonablemente alta heredabilidad. Rasgos tales como la

fertilidad, prolificidad, supervivencia y longevidad pueden condensarse en rasgos compuestos tales como: número de prole destetados/madre o el peso total de la prole destetada/madre. El objetivo de selección debe establecerse claramente en la fase de diseño del programa de cría y ser revisado regularmente durante su ejecución.

Se ha de analizar si la población actual de animales responde adecuadamente a la meta de producción o si la utilización esporádica o sistemática de otros recursos genéticos es más adecuada. De proponer cruzamientos, debe considerarse si el ambiente de producción puede soportar el genotipo obtenido. Esto es especialmente importante si la selección es por mayor tasa de crecimiento o por mayor tasa de reproducción ya que estos rasgos también aumentan los requerimientos de alimento (Gebre *et al.*, 2014). Programas de cruzamientos terminales regulares requieren infraestructura adicional para el apareamiento controlado y dependen del suministro de animales de raza pura. Cruzamientos estratificados, en los cuales algunos productores proporcionan la raza pura y otros proveen hembras cruza, requieren acuerdos entre productores que suelen ser complejos. En sistemas de bajos insumos, los productores tienden a evitar riesgos y dependencias. Por ello en PMBC los cruzamientos regulares o estratificados son más bien una excepción. Más común y factible es la introducción esporádica de genes exóticos, en particular en las etapas iniciales del programa. Tales introducciones sin embargo deben ser propuestas luego de una cuidadosa evaluación de sus consecuencias.

Criterios de selección y registros de producción en PMBC

Una vez definidos los rasgos del objetivo de cría y su importancia relativa se deben elegir los criterios de selección para lograr ese objetivo. Algunos rasgos pueden ser fácilmente medidos o evaluados visualmente. Otros rasgos pueden ser considerados a través de otros genéticamente correlacionados. Dificultades surgen con los criterios de selección destinados a mejorar rasgos de adaptación, tales como: resistencia al estrés por calor o frío, resistencia a la escasez de forraje o agua, resistencia o tolerancia a enfermedades y otros rasgos que influyen en la producción de los animales en un particular ambiente. Estos atributos pueden ser tomados en cuenta seleccionando por los rasgos compuestos mencionados más arriba y, en general, seleccionando animales de mayor rendimiento suponiendo que los animales que más producen en determinado ambiente también son los mejor adaptados.

Características relacionadas con la apariencia general (por ejemplo tipo de cuernos, color del pelaje, comportamiento), se pueden evaluar visualmente o con puntajes. El procedimiento estándar de selección consiste en incorporar y ponderar las mediciones y los puntajes en índices de selección tal que maximicen su correlación con la función objetivo. Para hacer esto, se necesitan parámetros genéticos y fenotípicos de la población animal local. Si no están disponibles esos parámetros se pueden aproximar con parámetros de poblaciones comparables.

El proceso de elección de los criterios de selección debe realizarse muy cuidadosamente en el contexto de PMBC teniendo en cuenta las diversas limitaciones que enfrentan sus productores. Un esquema de registros sencillo es probable que sea más sostenible en el tiempo, especialmente si está vinculado a actividades/servicios de un valor inmediato para la comunidad (por ejemplo vacunaciones, exposiciones, movimientos estacionales, sacrificio y acceso a subastas de mercado o ventas). Registros de genealogía son útiles para controlar endogamia, calcular valores genéticos a través de métodos BLUP y estimar el progreso genético. En rebaños comunales el registro de genealogía completa o el registro de padres suele ser difícil. Más factible es el registro de madres con su progenie. Gizaw *et al.* (2014b) sugieren contratar y entrenar personas de la propia comunidad para ocuparse del registro de genealogía. La sostenibilidad de tal sistema debe ser abordada. En general se justifica modelar el costo - beneficio de las diferentes opciones de registros considerando la inversión y los esfuerzos involucrados.

Estructura de mejoramiento y organización

El diseño más obvio es seleccionar en toda la población animal de la comunidad a los mejores machos y las mejores hembras como reemplazos. El problema con tal diseño es que cada productor de la comunidad estaría ocupado en el control de producción de candidatos a selección, re-cría de los machos y, eventualmente, control genealógico. Esto no suele ser práctico. La re-cría puede ser centralizada en una estación de prueba institucional o puede confiarse a uno o más miembros de la comunidad. Para la última opción, diferentes arreglos son posibles. Por ejemplo en Turco, Bolivia los machos y candidatos a machos de llamas son manejados por separado de las hembras hasta que se necesiten y esta tarea la realizan miembros de la comunidad en turnos (Mueller, 2013). En Neuquén, Argentina los machos caprinos suelen ser mantenidos fuera de la estación reproductiva en rebaños de machos por productores especializados en esa tarea. Algo similar sucede en Vietnam con

productores especializados en mantener los machos porcinos usados en cruzamientos (Roessler *et al.*, 2012). En Etiopía un acuerdo similar se está probando con ovejas sobre la base de un fondo rotatorio (Gizaw *et al.*, 2014d). En este caso, los ingresos procedentes de la venta de los reproductores viejos se utilizan para la compra de los candidatos machos jóvenes que permanecen en el rebaño de origen recompensado con el pago de gastos por su re-cría hasta su selección final.

Un diseño opcional sería identificar algunos productores con los "mejores" animales para cumplir con la función específica de producir machos para toda la población. La población queda genéticamente estructurada en un núcleo proveedor de machos y una base. En estos "sistemas de núcleo" sólo una fracción de los animales requieren registros de producción y los productores del núcleo se benefician con ventas o alquiler de machos seleccionados. El núcleo debe ser funcional, es decir, los productores del núcleo no sólo deben lograr progreso genético, también tienen que difundirlo en calidad y cantidad para el resto de los productores de la comunidad. Por lo tanto, el tamaño del núcleo, o la proporción del total de hembras de una población que debe estar en el núcleo, debe estar en relación al número de machos necesarios y a la presión de selección deseada. También se requiere un tamaño efectivo mínimo para controlar la endogamia. Gizaw *et al.* (2009) analizó PMBC con respecto a la ganancia genética y el mantenimiento de la variabilidad genética y concluyó que esquemas con 200 ovejas por comunidad pueden ser eficaces en cuanto a la ganancia genética pero que la tasa de endogamia en ese caso sería relativamente alta. El mejor esquema de selección involucraría al menos a tres comunidades que cooperen entre sí. En ese caso el esquema exige además vínculos genéticos e intercambio de carneros.

La tasa de endogamia puede reducirse y el progreso genético puede aumentarse con sistemas de "núcleo abierto" (James, 1977; 1978). En tales sistemas, el núcleo está "abierto" a los mejores animales detectados en la base de la población. Por lo general siempre se encuentran hembras nacidas en la base que superan a las peores nacidas en el núcleo. Los sistemas abiertos requieren que los productores de la base hagan cierto trabajo de selección en la progenie hembra. Esta selección se puede realizar en etapas con poca pérdida de eficiencia (Mueller, 1984). En los sistemas de núcleo abierto los productores de la base suelen intercambiar sus mejores hembras por machos del núcleo, pero puede haber otros arreglos entre

productores. Una característica muy importante de los sistemas de núcleos abiertos es que la adaptación al ambiente y otras preferencias de cría de los productores de la base están aseguradas en los machos producidos en el núcleo, ya que éstos son hijos de los que ese mismo productor consideró en las hembras que aportó al núcleo. Esta característica es una participación tangible del productor en la definición del objetivo de mejora.

Se supone que todos los animales de un rebaño núcleo pueden producir machos candidatos para el núcleo por ser todas sus hembras "mejores". Esto no es necesariamente siempre el caso, ya que en el núcleo puede haber hembras inferiores. En ese caso, el productor puede identificar a las "mejores" hembras y aparear solo esas con los mejores machos o, alternativamente, aparear a todas pero considerar para la selección solo aquellas crías producto de mejores madres. Cuando esas hembras productoras de machos están en varios rebaños el núcleo se denomina "disperso". Tal sistema requiere apareamiento controlado o castración temprana de la progenie macho de madres no-núcleo. En los sistemas comunales de pequeña escala es más probable la inversa, o sea que las hembras núcleo se exponen a machos no-núcleo. Eso sucede cuando, por ejemplo, sólo una parte de los productores participan del PMBC. Gizaw *et al.* (2014d) demuestran que, en ese caso, no es la proporción de productores que no participan de por sí la que afecta a la ganancia genética, sino que lo es el nivel de control de apareamientos que los productores del núcleo pueden ejercer.

A veces el rebaño de un mismo productor es suficientemente grande como para ser dividido en un núcleo y una base y a veces varios productores con rebaños relativamente grandes acuerdan que uno de ellos mantenga el rebaño núcleo. Este último sistema se denomina "sistemas de mejoramiento grupal". Rebaños comunitarios pueden ser suficientemente grandes para poder ser divididos en un núcleo manejado por separado del resto. Otra posibilidad es que diferentes comunidades acuerden crear un núcleo cooperativo. Por ejemplo un solo núcleo "central" dirigido por una organización externa, por ejemplo una universidad o un organismo gubernamental (Mueller *et al.*, 2002). En este caso, las bases del diseño con respecto al tamaño del núcleo y el flujo de genes siguen siendo las mismas, pero el control de las comunidades sobre el programa suele ser bajo. Hay un ejemplo de un PMBC que se inició con un núcleo centralizado, luego se transformó en un sistema de núcleo "disperso" (Mueller, 1995) con machos de referencia" (Abad *et al.*, 2002) y, finalmente, se

convirtió en un esquema de evaluación y selección poblacional (Debenedetti *et al.*, 2010; Mueller, 2013).

En teoría, hay muchas estructuras genéticas posibles que con las limitaciones de cada caso suelen restringirse a unas pocas que a su vez pueden ser evaluadas *a priori*. Para ello se dispone de marcos teóricos (James, 1977; Mueller y James, 1984; Mueller, 2013) y software para la evaluación estocástica o determinística de diferentes opciones. Estas herramientas incluyen ZPLAN + (Täubert *et al.*, 2010), SelAction (Rutten *et al.*, 2002), SixS (Kremer *et al.*, 2006), ADAM (Pedersen *et al.*, 2009), EVA (Berg *et al.*, 2006) y GENECONT (Meuwissen, 2002). Algunos de estos paquetes de software fueron utilizados en el diseño de PMBC para porcinos en Vietnam y ovinos en Etiopía (Mirkena *et al.*, 2012; Valle Zárate y Markemann, 2010). Por ejemplo Gizaw *et al.* (2014c) simularon y evaluaron las eficiencias bio-económicas de los diferentes esquemas de núcleos dispersos y centralizados para ovinos de raza Menz en Etiopía. Esquemas con un núcleo central dieron un mejor resultado en términos de ganancia genética y beneficio económico que esquemas de núcleo disperso o esquemas basados en la totalidad de la población, pero la elección entre esquemas depende de la infraestructura, la logística, las habilidades y el apoyo al programa. Gizaw *et al.* (2014c) concluyen que a los fines de extender el programa a toda la población de ovinos Menz, una combinación de esquemas de núcleo central vinculada a esquemas de núcleo disperso sería recomendable. Un esquema de ese tipo fue implementado durante una fase del PMBC de caprinos de Angora de Argentina (Mueller, 2010).

Los primeros años de un PMBC son cruciales porque productores y demás partes interesadas estarán ansiosos de ver su éxito. Progresos genéticos visibles son difíciles de conseguir en el corto plazo salvo que el núcleo inicial sea excepcional (Haile *et al.*, 2011; Gizaw *et al.*, 2014a). Por esta razón, los esfuerzos en la detección de animales superiores para el núcleo inicial son cruciales. La introducción de germoplasma de animales sobresalientes exóticos puede contribuir a la sensibilización y la motivación inicial de productores (Mueller *et al.*, 2002). Si esa introducción requiere transferencia de embriones o inseminación artificial por vía laparoscópica, debe tenerse en cuenta que en pequeños ruminantes éstas técnicas de reproducción suelen afectar negativamente a la tasa reproductiva y sólo deberían utilizarse informando de esa posibilidad o, si se pretende utilizar en forma regular, deberían utilizarse cuando existen la infraestructura y las capacidades correspondientes.

Evaluación de PMBC

El monitoreo y la evaluación del programa de mejora es importante para mantener la participación de los interesados, para atraer recursos adicionales y para ajustar el programa sobre la marcha. Los criterios e indicadores de la evaluación deben ser acordados entre las partes interesadas. Hay criterios socioeconómicos y criterios técnicos para evaluar los resultados y el impacto del programa (FAO, 2010). Criterios socioeconómicos incluyen: el nivel de participación de los productores y la distribución de los beneficios entre ellos; la contribución de los programas de mejoramiento para alcanzar el objetivo de desarrollo de la comunidad; el potencial para un desarrollo continuo; el nivel de riesgo asociado con el programa y la probabilidad de que el programa sea sostenido. Los criterios técnicos y organizativos incluyen: la línea de mando y la asignación de responsabilidades; la gestión del rebaño (indicadores típicos son: número de animales por generación, edad a la reproducción, vida útil reproductiva, alimentación, cuidado de la salud y las condiciones de alojamiento); la organización de los registros de producción (indicadores típicos son: el número de animales registrados, número de características medidas, número de registros por rasgo, proporción de registros faltantes y errores); evaluación genética de los candidatos de selección (indicador típico es el momento de la evaluación en relación a la fecha de la selección); diferencial de selección; reproducción (indicador es la progenie destetada en comparación con las cifras previstas); progreso genético; entrega de materiales genéticos y servicio técnico; retro-alimentación de los clientes y servicios de extensión (puede incluir indicadores cuantitativos y datos cualitativos sobre la calidad y eficiencia de los servicios); para los programas de cruzamiento un indicador es el número de animales producidos en los distintos estratos del programa.

Sobre la base de los indicadores se puede realizar un análisis de costos e ingresos y así obtener el beneficio o el retorno de la inversión. Para ello será necesario acordar el horizonte de análisis y la tasa de descuento a aplicar. En PMBC estos parámetros suelen ser mayores y menores, respectivamente que en programas de empresas o de productores individuales. Análisis adicionales pueden abarcar la distribución de costos e ingresos entre las partes interesadas. Contratos o acuerdos entre los participantes del programa previenen distribuciones injustas.

El programa puede generar retornos y resultados no monetarios y difíciles de incluir explícitamente en

el análisis de costos e ingresos pero que pueden ser muy importantes. Por ejemplo: en la seguridad alimentaria; el uso de animales con fines culturales o sociales; el impacto de independencia de las importaciones; la mejora de la nutrición humana; el impacto ambiental; etc.

Ejemplos de aplicación de programas de mejora comunitarios

La documentación de experiencias con PMBC es más bien escasa en comparación con el número de iniciativas y programas conocidos informalmente. Para analizar algunos casos concretos se revisan siete ejemplos presentados por Mueller *et al.* (2015a). Las características generales de estos casos se resumen en la Tabla 2 y algunos detalles se presentan a continuación.

Caso 1: Desarrollo de un PMBC para llamas en los Andes bolivianos

Este proyecto fue puesto en marcha siguiendo los procedimientos de planificación mencionados más arriba. Se comenzó con una descripción del sistema de producción en la región llamera boliviana de Ayopaya (Nuernberg, 2005) y se estableció una alianza estratégica con una ONG local e investigadores locales. Los productores se organizaron formalmente con estatus legal y se establecieron contactos con procesadores y comercializadores de fibra. Se realizó un estudio sobre los requisitos del mercado en cuanto a la calidad de fibra (Delgado, 2003). Se estableció un sistema de identificación y pruebas de rendimiento de los animales, así como también un centro de apareamiento. Se acordó el objetivo de mejora en forma participativa (Markemann *et al.*, 2009) y se diseñó un programa de cría (Wurzinger *et al.*, 2008). Los criterios de selección fueron el peso del vellón y el diámetro de la fibra. Se previó un procedimiento de selección en dos etapas para los machos y no se seleccionaron hembras. Los machos quedaban en el centro de apareamiento a donde los productores podían llevar a sus hembras para el apareamiento. Limitaciones logísticas serias, inestabilidad institucional y política, desconfianza entre las partes interesadas, falta de financiación externa y la incapacidad para construir un sólido canal de comercialización para la fibra impidió que el proyecto se mantuviera una vez finalizada la fase de investigación.

Caso 2: Desarrollo de un PMBC para cabras lecheras en México

Talleres realizados en 2007 con productores y el servicio de extensión permitieron determinar las principales limitaciones en la producción de cabras lecheras. Los productores no estaban satisfechos con los reproductores de razas exóticas y escaseaban los

Tabla 2: Estudios de caso de programas de mejora comunitarios.

Caso	País	Especie	Principal producto	Periodo	Lugar	Animales involucrados	Sistema de cría	Referencias
1	Bolivia	Llama	Fibra	2008-2012	Comunal	2500	Núcleo abierto	Wurzinger <i>et al.</i> (2008)
2	México	Caprino	Leche	2007-	Comunal	200	Poblacional	Wurzinger <i>et al.</i> (2013)
3	Etiopia	Ovino	Carne	2009-	Comunal	10000	Poblacional	Mirkena <i>et al.</i> (2012); Haile <i>et al.</i> (2011); Duguma <i>et al.</i> (2011)
4	Irán	Caprino	Cashmere	2009-	Variable	2800	Núcleo abierto	Mueller <i>et al.</i> (2015b)
5	Perú	Ovino	Lana	1996-	Comunal	160000	Núcleo abierto	Mueller <i>et al.</i> (2002); Mueller (2013)
6	Argentina	Caprino	Mohair	1987-	Disperso	62000	Núcleo abierto	Mueller (1995); Lanari <i>et al.</i> (2009); Mueller (2013)
7	Kenia	Caprino	Leche	1997-	Disperso	20000	Núcleo abierto	Ojango <i>et al.</i> (2011)

reproductores de raza local. Diez productores de una comunidad acordaron iniciar un programa de cría con el apoyo de un equipo de investigación. Se estableció un esquema de control lechero y los machos nacidos de las mejores hembras fueron enviados a una estación de prueba de desempeño para controlar su crecimiento. La selección final de los reproductores se basó en un índice de selección que incluye la producción de leche de la madre y la tasa de crecimiento en la estación de prueba. El manejo de la estación de prueba resultó difícil para los productores por lo que se trasladó a una institución de investigación (INIFAP). El compromiso del INIFAP para mantener la estación a largo plazo fue un factor importante para mantener el PMBC después de finalizado el proyecto. El programa incluso se extendió a comunidades vecinas (Wurzinger *et al.*, 2013).

Caso 3: Desarrollo de un PMBC para ovinos en Etiopía

En cuatro sitios de Etiopía: Afar, Bonga, Horro y Menz, con diferentes sistemas de producción y razas de ovinos locales comenzaron sendos PMBC en un total de ocho comunidades con 60 productores involucrando a más de 10.000 ovejas. El objetivo del proyecto era mejorar los ingresos de estos pequeños productores de escasos recursos, proporcionando el acceso a animales mejorados y facilitar el acceso a oportunidades de mercado. Para ello se desarrollaron programas de mejora genética adaptados a las condiciones y necesidades de las comunidades tomando en cuenta el conocimiento local de la comunidad (Gizaw *et al.*, 2013; Haile *et al.*, 2013). En cada sitio el proyecto se vinculó a una institución de investigación agrícola. El foco del proyecto fue organizar a los miembros de la comunidad para trabajar juntos en la obtención de registros de producción, selección, gestión y uso de los reproductores. Se reclutaron enumeradores en cada comunidad para ayudar al equipo de investigación en la identificación de los animales y en la toma de datos. El programa fue establecido con éxito en comunidades sedentarias, pero no tuvo éxito en las comunidades de pastores. El programa ha logrado resultados tangibles. Se revirtió la selección negativa que resultaba de la venta de corderos más pesados que ahora son criados como candidatos a padres. La escasez aguda de carneros observada previamente también se ha revertido porque los productores tomaron consciencia de la importancia de producirlos. Un análisis de datos preliminares indica un aumento en la comercialización de corderos como resultado de más nacimientos, mayor velocidad de crecimiento y reducción de la

mortalidad, debido al programa de selección y a otras intervenciones complementarias (tales como mejoras en la salud y alimentación) (Mirkena *et al.*, 2012; Haile *et al.*, 2011).

Caso 4: Desarrollo de un PMBC para caprinos de cashmere en Irán

Se acordó con autoridades y científicos iraníes trabajar en la región de Baft, provincia de Kerman, con los nómades que crían cabras para carne y cashmere (Ansari-Renani *et al.*, 2013). Estudios preliminares mostraron oportunidades para mejorar genéticamente la calidad del cashmere de la región (Ansari-Renani *et al.*, 2012). En el año 2009 se discutió con los nómades, autoridades locales y funcionarios de extensión un programa de mejoramiento genético que comenzó al año siguiente con ocho rebaños pertenecientes a sendos clanes. En cada rebaño se formaron núcleos con las 40 mejores cabras y los dos mejores reproductores disponibles en base al peso del vellón, calidad de cashmere y el tamaño corporal. Los animales del núcleo se aparearon por separado de los animales restantes utilizando pequeños corrales o haciéndolos pastorear por separado durante la estación reproductiva. En la mayoría de los núcleos incluso fue posible la identificación de los padres de los recién nacidos. Los machos nacidos en el núcleo fueron criados controlando su desempeño productivo mientras que los demás machos fueron castrados. Cada año, el reproductor del núcleo que tuvo progenie en promedio inferior fue reemplazado por el mejor macho joven disponible. No se pudo medir el progreso genético pero el sistema ha sido comprendido y aceptado por los nómades y los agentes locales de extensión (Mueller *et al.*, 2015b). Se espera que los ocho PMBC continúen con el apoyo del servicio de extensión local después de que el proyecto de la ONG impulsora termine. Por falta de un laboratorio de fibras en el país, es dudoso que se continúen los análisis de muestras de cashmere lo cual afectaría el progreso genético en caracteres de calidad del cashmere.

Caso 5: Desarrollo de un PMBC para las ovejas en el Perú

Un relevamiento realizado por la Universidad Nacional Agraria La Molina en la Sierra Central peruana identificó tres tipos de sistemas de producción ovina: (1) rebaños propiedad de familias individuales, (2) rebaños pertenecientes a la comunidad y (3) rebaños multi-comunales administrados por cooperativas que reúnen varias comunas de una región (Flores *et al.*, 2007). Los sistemas (1) y (2) no incluyen planes de mejoramiento genético. Solo el sistema (3) incluye una estructura genética de tres niveles débilmente funcional. El relevamiento

también identificó las dos principales demandas de los productores relacionadas con la cría ovina: la necesidad de reproductores adecuados para los rebaños individuales y la necesidad de entrenamiento en técnicas de cría ovina. Luego de varias discusiones a nivel comunitario, en 1995 los líderes de nueve comunas se pusieron de acuerdo con la creación de una estructura de cría basada en un núcleo central. Las comunas proporcionaron la tierra y el trabajo para manejar ese núcleo y la universidad suministraba el soporte técnico. El predio del núcleo también servía como granja demostrativa para albergar el "Centro de Investigación y Capacitación Campesina" (CICCA) donde se llevaban a cabo cursos para productores sobre selección, reproducción, salud, clasificación de lana e inseminación artificial. El proyecto comenzó con el apareamiento de las 50 "mejores" hembras de cada uno de los nueve rebaños comunales con los mejores reproductores multi-comunales incluyendo algunos importados. Veinticinco de esas 50 ovejas regresaron preñadas a sus comunas y con las otras 25 se inició el núcleo central que comenzó a proporcionar reproductores a los rebaños comunales que a su vez acordaron suministrar reproductores a los rebaños familiares (Mueller *et al.*, 2002). El programa de cría creció en miembros y ahora está a cargo de la "Sociedad Criadores Corriedale de Cerro de Pasco". La organización y la capacitación de los productores ha sido la columna vertebral de este PMBC (Mueller, 2013).

Caso 6: Desarrollo de un PMBC para cabras de Angora en Argentina

Varios estudios en el noreste del desierto de la Patagonia en Argentina mostraron que alrededor de 3000 productores de bajos recursos tiene como medio de vida un total de alrededor de medio millón de cabras de Angora productora de mohair. Hace unos 30 años esa población de cabras no tenía una estructura de cría, los pesos de vellón eran bajos (1,2 kg) y su contaminación con fibras meduladas era alta (7-10%), lo cual limitaba el único acceso a dinero en efectivo de sus productores, siendo que la carne producida era básicamente para autoconsumo. Investigadores y agentes de extensión del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria establecieron un núcleo con los mejores animales seleccionados entre varias decenas de rebaños en diferentes comunidades en una granja de la institución. En el núcleo la selección era por peso de vellón, los resultados del análisis de muestras de fibra y calidad visual. Por otro lado se pidió a las comunidades elegir entre sus miembros a productores multiplicadores que puedan recibir reproductores del núcleo y producir reproductores para el resto de la comunidad.

El esquema llegó a tener 54 multiplicadores y tuvo un gran impacto genético (Mueller, 1995). Con el tiempo, los multiplicadores se independizaron del núcleo central y formaron una "Asociación de Criadores de Caprinos de Angora". La estructura comenzó a perder fuerza y eficacia, en gran parte debido a los bajos precios del mohair y la falta de diferencias de precios para una mejor fibra. En 1998 se estableció el "Programa Mohair" (SAGPyA, 2000) con el objetivo de aumentar la calidad de vida de los productores, manteniendo el programa de mejora genética e implementando una nueva estrategia de venta del mohair. Para el año 2008 había 13 organizaciones con 835 miembros y ocho instituciones que participaban en el Programa Mohair. El núcleo central original junto a nueve miembros de la Asociación formaron un núcleo disperso de 522 hembras que abasteció a 71 multiplicadores con 1790 hembras (Abad *et al.*, 2002). En el núcleo disperso los pesos de vellón oscilan entre 2,5 y 4 kg, el diámetro medio de la fibra es inferior a 29 μm en las tres primeras esquilas y la medulación es inferior al 1% (Lanari *et al.*, 2009). Además, gracias a la clasificación del mohair, los certificados de calidad y la oferta colectiva para venta se mejoró considerablemente la capacidad de negociación de los productores. Los participantes del programa venden en promedio a precios de 40-100% más altos que los no participantes. El número de las comunidades involucradas es cada vez mayor, lo cual genera dificultades de organización y la pérdida de control sobre el programa de mejora. El programa atrajo apoyo nacional e internacional adicional (Debenedetti *et al.*, 2010) y contribuyó sustancialmente a un aumento de la producción nacional de mohair (Mueller, 2013).

Caso 7: Desarrollo de un PMBC para cabras lecheras en Kenia

A los fines de mejorar la nutrición, ingresos y medios de vida en general de la mayoría de la población rural pobre en los condados de Meru y Kitui de Kenia, la ONG FARM-Africa importó reproductores caprinos de la raza lechera Toggenburg para cruzarlos con la cabra autóctona con la intención de mejorar su tasa reproductiva y velocidad de crecimiento. Para ello primero se formaron grupos de 25 miembros de los cuales dos fueron capacitados en principios de la cría animal, instalaciones, producción, conservación y utilización de forraje, y técnicas de dinámica de trabajo en grupo. Otros individuos, designados por sus respectivos grupos, fueron capacitados en técnicas básicas de salud de los animales con el fin de ser capaz de proporcionar a la comunidad en forma inmediata y a un costo aceptable servicios de sanidad animal. Un productor en cada grupo fue designado y

capacitado para recibir, a crédito, cuatro hembras y un macho puro de raza Toggenburg. Estos productores forman una unidad de reproducción. Machos nacidos en estas unidades de reproducción fueron seleccionados por crecimiento y por producción de leche de sus madres o de otras hembras parientes con control lechero. Estos machos se ubicaron en estaciones de machos, lugar al cual los miembros del grupo podían llevar a sus cabras en celo para el apareamiento. Productores no miembros del grupo lo podían hacer a un costo mayor. El proyecto hizo hincapié en la necesidad de conservar las características beneficiosas de los genotipos locales por lo que se estableció el límite superior de los genes Toggenburg en el 75% de los animales liberados a los productores. Las unidades reproductoras pertenecían y eran administradas por individuos en un acuerdo contractual con el respectivo grupo. Los machos entregados y la estación de machos estaban bajo custodia del grupo, mientras que las hembras pertenecían a los productores individuales. FARM-África gestionó y facilitó la operación del proyecto desde su inicio en 1995 hasta 2004. Luego las responsabilidades pasaron a las comunidades a través de una nueva organización creada como parte del proyecto, la

“Asociación de criadores caprinos de Meru” (MGBA). Para garantizar la sostenibilidad, FARM-África mantuvo una función de asesoramiento a la MGBA. Los grupos de productores pasaron de una suma inicial de diez a más de 160 (4000 productores) dentro del área de estudio, mientras que otros 56 se formaron fuera del área de estudio. La población de Toggenburg puro creció de 130 a más de 1000 en un período de diez años. Los efectos inmediatos del proyecto fueron tanto a nivel individual como grupal. Los productores individuales fueron capaces de manejar las cabras y obtener más leche para el consumo doméstico y vender más leche y animales. La producción diaria de leche aumentó de aproximadamente 0,25 L por cabra local a 1,0 L por cabra cruce y 2,0 L en cabras 75% exóticas. Los precios de las cabras de cría dentro de la comunidad variaron de 25 USD para una cabra autóctona, 154 USD por una mestiza y 415 USD por una Toggenburg pura (Peacock, 2008). La popularidad de los animales cruce dio lugar a una gran demanda que elevó por cinco su precio. Esto ha tenido un impacto negativo en cuanto a que muchos productores vendían sus cabritos cruce en lugar de retenerlos para cría y con ello estaban seleccionando contra velocidad de crecimiento (Ojango *et al.*, 2011).

Discusión y Conclusión

Las dificultades que enfrentan los organismos de desarrollo para intervenir con las tecnologías convencionales en sistemas de producción de bajos insumos también se aplican a la intervención con tecnologías de mejoramiento genético. Los objetivos de cría suelen ser complejos al incluir rasgos con valores tangibles e intangibles. Los registros de producción y de genealogía en estos sistemas requieren ayuda externa y el apareamiento controlado de los animales implica mano de obra adicional o infraestructura adicional. PMBC apuntan a la colaboración entre productores, con el apoyo de unidades de investigación y de extensión locales para resolver algunas de las dificultades. PMBC parecen ser particularmente adecuados para las comunidades que manejan rumiantes menores (ovinos, caprinos y camélidos sudamericanos) y porcinos. Tales programas con ganado mayor son raros, probablemente debido al pequeño número de esos animales por familia, su baja y lenta reproducción, la disponibilidad de semen congelado y una mayor eficacia de la IA con semen descongelado en comparación con, por ejemplo ovinos. PMBC para aves de corral también son raros, probablemente debido a la amplia disponibilidad de

pies de cría de producción industrial y debido a la inconveniente relación de costos-beneficios para crear una alternativa competitiva usando PMBC. Incluso los programas nacionales de mejoramiento genético de ganado lechero y de aves de corral apenas pueden competir dada la monopolización de los sectores de cría de estas especies. PMBC para bovinos o aves de corral pueden ser opciones válidas para los encargados de razas locales para las cuales no hay oferta de animales de cría o servicios de cría externos.

La implementación de un PMBC sostenible en el tiempo es un reto importante. El análisis crítico de los siete programas (Tabla 2) conocidos de primera mano por los autores de Mueller *et al.* (2015a), permite identificar factores clave que afectan a los programas de mejoramiento. Es evidente que la detección de un interés *a priori* de los productores (casos 2, 5 y 6) y la participación de las instituciones locales (todos los casos) son importantes. Sin embargo, la sostenibilidad de los programas no está garantizada. Las instituciones locales también pueden carecer de estabilidad (caso 1) o las estructuras pueden llegar a ser inadecuadas cuando el programa crece en número de participantes (caso 6). Esto pone

de relieve la importancia de tener flexibilidad para revisar periódicamente las estructuras y la organización del programa. La sostenibilidad también es incierta en aquellos PMBC muy dependientes de los fondos externos, o de apoyo técnico externo (caso 2 y 3), o que requieren servicios técnicos de difícil y costoso acceso (caso 4). Los genetistas que se involucran en PMBC necesitan poner mucha atención en las cuestiones de infraestructura y socio-económicas de las comunidades de criadores de ganado si desean implementar con éxito nuevos conocimientos de mejora genética. Propuestas de cruzamientos sistemáticos con razas exóticas son más bien raras para PMBC (un ejemplo sería el caso 7) debido a las demandas de infraestructura de tales sistemas. Sin embargo, genotipos compuestos pueden ser usados en lugares donde ya opera un programa de cruzamientos impulsado por alguna institución. En ese caso la alta variabilidad genética generada puede incluso ser beneficiosa en la detección de animales superiores.

Los programas de mejoramiento normalmente exceden la duración de los proyectos de las ONG y de los períodos gubernamentales. Las experiencias

recogidas en los PMBC analizados y en otros con pequeños productores revelan que programas de completa independencia y auto-sostenidos son casi imposibles y que siempre será necesario algún nivel de apoyo técnico y financiación externa (Iñiguez, 1998; Kosgey y Okeyo, 2007; Wurzinger *et al.*, 2012; Iñiguez *et al.*, 2013). El apoyo sostenido a estos programas, así como el aumento en su escala o replicación suelen ser de particular interés para los gobiernos y otros organismos de desarrollo, quienes también pueden querer vincularlos a otras iniciativas de desarrollo ganadero o rural. Apoyo continuado dependerá de que las evaluaciones del programa resulten positivas. Pocos programas presentan tales evaluaciones.

Por último, quienes han estado involucrados en el establecimiento de PMBC están convencidos de que el trabajo conjunto de productores plasmado en la formación de asociaciones de productores u otras organizaciones es extremadamente útil para su empoderamiento y mejora en su capacidad de gestión y comercialización de sus animales y productos, así como también para gestionar otras intervenciones de interés de la comunidad (Mueller *et al.*, 2015a).

Agradecimientos

Este trabajo se basa en una publicación dedicada a J. W. James (Australia), pionero en el análisis de estructuras genéticas, a la que contribuyeron junto al autor Barbara Rischkowsky (ICARDA, Etiopia), Aynalem Haile (ICARDA, Etiopia), Jan Philipsson (SLU, Suecia), Okeyo Mwai

(ILRI, Kenia), Badi Besbes (FAO, Italia), Anne Valle-Zárate (U. Hohenheim, Alemania), Markos Tibbo (FAO, Egipto), Tadele Mirkena (BOKU, Etiopia), Gemede Duguma (BOKU, Etiopia), Johann Sölkner (BOKU, Austria) y Maria Wurzinger (BOKU, Austria).

Literatura Citada

- Abad, M., J. Arrigo, A. Gibbons, M. R. Lanari, G. Morris, and H. R. Taddeo. 2002. Breeding scheme for Angora goat production in North Patagonia. In: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Montpellier (France), 19-23 August 2002, Communication 12-14.
- Adams, M., B. Kufmann, and A. Valle Zárate. 2002. Indigenous characterisation of local camel populations and breeding methods of pastoralists in Northern Kenya. In: Proceedings Deutscher Tropentag. Witzenhausen (Germany), 9-11 October 2002.
- Ansari-Renani, H. R., J. P. Mueller, B. Rischkowsky, S. M. Seyed Momen, O. Alipour, M. Ehsani, and S. Moradi. 2012. Cashmere quality of Raeini goats kept by nomads in Iran. *Small Rumin. Res.* 104:10-16.
- Ansari-Renani, H. R., B. Rischkowsky, J. P. Mueller, S. M. Seyed Momen, and S. Moradi. 2013. Nomadic pastoralism in southern Iran. *Pastoralism: Res., Policy and Practice* 3, 11, 25 pp.
- Bebe, B. O., H. M. J. Udo, G. J. Rowlands, and W. Thorpe. 2003. Smallholder dairy systems in the Kenya highlands: breed preferences and breeding practices. *Livest. Prod. Sci.* 82:117-127.
- Berg, P., J. Nielsen and M. K. Sørensen. 2006. EVA: Realized and predicted optimal genetic contributions. In: Proceedings 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Belo Horizonte (Brazil), 13-18 August 2006.
- Chambers, R. 1998. Farmer first. Farmer innovation and agricultural research. Intermediate Technology Publ., London, Great Britain.
- Debenedetti, S., M. Acebal, M. Abad, H. Rosso, and A. Suarez. 2010. Patagonian Mohair: Angora goat production in a really harsh environment. *Angora Goat Mohair J.* Autumn Issue, p. 40-43.
- Delgado, J. 2003. Perspectivas de la producción de fibra de llama en Bolivia: Potencial y desarrollo de estrategias para mejorar la calidad de la fibra y su aptitud para la

- comercialización. PhD Thesis, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
- Dossa, L. H., C. Wollny, M. Gauly, and I. Gbégó. 2009. Community-based management of farm animal genetic resources in practice: framework for local goats in two rural communities in Southern Benin. *Anim. Genet. Resour. Inf.* 44:11-31.
- Duguma, G., T. Mirkena, A. Haile, A. M. Okeyo, A. Tibbo, B. Rischkowsky, J. Sölkner J., and M. Wurzinger. 2011. Identification of smallholder farmers and pastoralists' preferences for sheep breeding traits: Choice model approach. *Anim.* 5:1984-1992.
- FAO. 2010. Breeding strategies for sustainable management of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines. No. 3. Rome (Italy).
- Flores, E. R., J. A. Cruz, and M. López. 2007. Management of sheep genetic resources in the central Andes of Peru. In: Tempelman, K. A., and R. A. Cardellino. (Eds.) *People and Animals*. FAO, Rome (Italy). p. 47-57.
- Gebre, K. T., B. Fuerst-Waltl, M. Wurzinger, J. Philipsson, G. Duguma, T. Mirkena, A. Haile, and J. Sölkner. 2012. Estimates of economic values for important traits of two indigenous Ethiopian sheep breeds. *Small Rumin. Res.* 105:154-160.
- Gebre, K. T., M. Wurzinger, S. Gizaw, A. Haile, B. Rischkowsky, and J. Sölkner. 2014. Effect of genetic improvement of body weight on herd dynamics and profitability of Ethiopian meat sheep: A dynamic simulation model. *Small Rumin. Res.* 117:15-24.
- Gizaw, S., T. Getachew, Z. Edea, T. Mirkena, G. Duguma, M. Tibbo, B. Rischkowsky, O. Mwai, T. Dessie, M. Wurzinger, J. Sölkner, and A. Haile. 2013. Characterization of indigenous breeding strategies of the sheep farming communities of Ethiopia: A basis for designing community-based breeding programs. ICARDA Working Paper, Aleppo, Syria. 47 pp.
- Gizaw, S., T. Getachew, S. Goshme, A. Valle-Zarate, J. A. M. van Arendonk, S. Kemp, A. O. Mwai, and T. Dessie. 2014a. Efficiency of selection for body weight in a cooperative village breeding program of Menz sheep under smallholder farming system. *Anim.* 8:1249-1254.
- Gizaw, S., S. Goshme, T. Getachew, A. Haile, B. Rischkowsky, J. van Arendonk, A. Valle-Zarate, T. Dessie, and A. O. Mwai. 2014b. Feasibility of pedigree recording and genetic selection in village sheep flocks of smallholder farmers. *Trop. Anim. Health Prod.* 46:809-814.
- Gizaw, S., H. Komen, and J. A. M. van Arendonk. 2009. Optimal village breeding schemes under small-holder sheep farming systems. *Livest. Sci.* 124:82-88.
- Gizaw, S., H. Komen, and J. A. M. van Arendonk. 2010. Participatory definition of breeding objectives and selection indexes for sheep breeding in traditional systems. *Livest. Sci.* 128:67-74.
- Gizaw, S., B. Rischkowsky, A. Valle-Zarate, A. Haile, J. A. M. van Arendonk, A. O. Mwai, and T. Dessie. 2014c. Breeding programs for smallholder sheep farming systems: I. Evaluation of alternative designs of breeding schemes. *J. Anim. Breed. Genet.* 131:341-349.
- Gizaw, S., J. A. M. van Arendonk, A. Valle-Zarate, A. Haile, B. Rischkowsky, T. Dessie, and A. O. Mwai. 2014d. Breeding programmes for smallholder sheep farming systems: II. Optimization of cooperative village breeding schemes. *J. Anim. Breed. Genet.* 131:350-357.
- Haile, A., T. Mirkena, G. Duguma, M. Tibbo, M. Okeyo, B. Rischkowsky, M. Wurzinger, and J. Sölkner. 2013. Community based sheep breeding programs: Tapping into indigenous knowledge. *Livest. Res. Rural Dev.* 25:219.
- Haile, A., M. Wurzinger, J. P. Mueller, T. Mirkena, G. Duguma, O. Mwai, J. Sölkner, and B. Rischkowsky. 2011. Guidelines for setting up community-based sheep breeding programs in Ethiopia. ICARDA - Tools and Guidelines No. 1, Aleppo (Syria).
- ICAR-FAO. 2000. Developing breeding strategies for lower input animal production environments. In: Galal S., Boyazoglu J., Hammond K. (Eds.). *Technical Series No. 3*. ICAR and FAO, Rome (Italy), 570 p.
- Iñiguez, L. 1998. Community breeding programs for small ruminants in the Andean region. In: *Proceedings 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Armidale, Australia. 11-16 January 1998, 25:249-256.
- Iñiguez, L. R., J. P. Mueller, O. Facó, M. Wurzinger, J. Sölkner, T. Rodríguez, y H. Salinas González. 2013. Limitaciones y sostenibilidad del mejoramiento genético comunitario para pequeños productores en las zonas áridas de Latinoamérica. In: L. R. Iñiguez (Ed.) *La Producción de Rumiantes Menores en las Zonas Áridas de Latinoamérica*. Editorial EMBRAPA, p. 516-538.
- Jaitner, J., N. Corr, and L. Dempfle. 2003. Ownership patterns and management practices of cattle herds in the Gambia: Implications for a breeding program. *Trop. Anim. Health Prod.* 35:179-187.
- James, J. W. 1977. Open nucleus breeding systems. *Anim. Prod.* 24:287-305.
- James, J. W. 1978. Effective population size in open nucleus breeding schemes. *Acta Agric. Scand.* 28:387-392.
- Kassie G. T., A. Abdulai, and C. Wollny. 2009. Valuing traits of indigenous cows in Central Ethiopia. *J. Agric. Econ.* 60:386-401.
- Kosgey, I. S., R. L. Baker, h. M. J. Udo, and J. A. M. van Arendonk. 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. *Small Rumin. Res.* 61:13-28.
- Kosgey, I. S., and A. M. Okeyo. 2007. Genetic improvement of small ruminants in low-input, smallholder production systems: Technical and infrastructural issues. *Small Rumin. Res.* 70:76-88.
- Kremer V. D., T. H. E. Meuwissen, and J. A. Wooliams. 2006. 6S (SixS) Version 2: Stochastic simulation software for sustainable selection schemes. In: *Proceedings 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte (Brazil), 13-18 August 2006.
- Lanari M. R., E. Domingo, M. J. Pérez Centeno, and L. Gallo. 2005. Pastoral community selection and the genetic structure of a local goat breed in Patagonia. *Anim. Genet. Resour. Inf.* 37:31-42.

- Lanari M. R., M. Pérez Centeno, J. Arrigo, S. Debenedetti, y M. Abad. 2009. Razas locales y fibras caprinas, bases para un desarrollo rural del norte de la Patagonia Argentina. *Anim. Genet. Resour. Inf.* 45:55-59.
- Markemann, A., A. Stemmer, M. Siegmund-Schultze, H. P. Piepho, and A. Valle Zárate. 2009. Stated preferences of llama keeping functions in Bolivia. *Livest. Sci.* 124:119-125.
- Markemann, A., and A. Valle Zárate. 2010. Traditional llama husbandry and breeding management in Ayopaya region, Bolivia. *Trop. Anim. Health Prod.* 42:79-87.
- Meuwissen, T. H. E. 2002. GENCONT: An operational tool for controlling inbreeding in selection and conservation schemes. In: *Proceedings 7th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*, Montpellier (France), 19-23 August 2002.
- Mirkena, T., G. Duguma, A. Willam, M. Wurzinger, A. Haile, B. Rischkowsky, A. M. Okeyo, M. Tibbo, and J. Sölkner. 2012. Community-based alternative breeding plans for indigenous sheep breeds in four agro-ecological zones of Ethiopia. *J. Anim. Breed. Genet.* 129:244-253.
- Mueller, J. P. 1984. Single and two-stage selection on different indices in open nucleus breeding systems. *Genet. Select. Evol.* 16:103-120.
- Mueller, J. P. 1995. Impacto genético del Proyecto Caprino en los pequeños productores minifundistas de Río Negro y Neuquén. *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche Nro. PA 198*, 8 pp.
- Mueller, J. P. 2010. Experiences with breeding structures for genetic improvement of small ruminants. *Commercialization of Livestock Agriculture in Africa: Challenges and Opportunities*. In: 5th All Africa Conference on Animal Agriculture and 19th Annual Meeting of the Ethiopian Society of Animal Production (ESAP), Book of Abstracts, 25-28 October 2010, Addis Ababa (Ethiopia).
- Mueller, J. P. 2013. Experiencias con estructuras genéticas para el mejoramiento de rumiantes menores en las zonas áridas. In: *Iñiguez L. R. (Ed.) La Producción de Rumiantes Menores en las Zonas Áridas de Latinoamérica*. Editorial EMBRAPA, p. 497-513.
- Mueller, J. P., H. R. Ansari-Renani, S. M. Seyed Momen, M. Ehsani, O. Alipour, and B. Rischkowsky. 2015b. Implementation of a cashmere goat breeding program amongst nomads in Southern Iran. *Small Rumin. Res.* 129:69-76.
- Mueller, J. P., E. R. Flores, and G. Gutierrez. 2002. Experiences with a large-scale sheep genetic improvement project in the Peruvian highlands. In: *Proceedings 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier (France), 19-23 August 2002, Communication 25-12.
- Mueller, J. P., and J. W. James. 1984. Developments in open nucleus breeding systems. In: *Hofmeyr J., and E. Meyer. (Eds.) Proceedings II World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding*, Pretoria, Republic of South Africa. 16-19 April 1984, p. 204-213.
- Mueller, J. P., B. Rischkowsky, A. Haile, J. Philipsson, O. Mwai, B. Besbes, A. Valle-Zárate, M. Tibbo, T. Mirkena, G. Duguma, J. Sölkner, and M. Wurzinger. 2015a. Community based livestock breeding programs: Essentials and examples. *J. Anim. Breed. Genet.* 132:155-168.
- Ndumu, D. B., R. Baumung, M. Wurzinger, A. G. Drucker, A. M. Okeyo, D. Semambo, and J. Sölkner. 2008. Performance and fitness traits versus phenotypic appearance in the African Ankole Longhorn cattle: A novel approach to identify selection criteria for indigenous breeds. *Livest. Sci.* 113:234-242.
- Nuernberg, M. 2005. *Evaluierung von Produktionssystemen der Lamahaltung in bäuerlichen Gemeinden der Hochanden Boliviens*. PhD Thesis, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
- Ojango, J. M. K., C. Ahuya, A. M. Okeyo, and J. E. O. Rege. 2011. The FARM-Africa dairy goat improvement project in Kenya: A case study. In: *Ojango J. M., B. Malmfors, and A. M. Okeyo. (Eds.) Animal Genetics Training Resource. Version 3, 2011*. International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Peacock, C. 2008. Dairy goat development in East Africa: A replicable model for smallholders? *Small Rumin. Res.* 77:225-238.
- Pedersen, L. D., A. C. Sørensen, M. Henryon, S. Ansari-Mahyari, and P. Berg. 2009. ADAM: A computer program to simulate selective breeding schemes for animals. *Livest. Sci.* 121:343-344.
- Philipsson, J., J. E. O. Rege, E. Zonabend, and A. M. Okeyo. 2011. Sustainable breeding programmes for tropical farming systems. In: *Ojango J. M., B. Malmfors, and A. M. Okeyo. (Eds.) Animal Genetics Training Resource. Version 3, 2011*. International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Roessler, R., A. Drucker, R. Scarpa, A. Markemann, U. Lemke, L. T. Thuy, and A. Valle Zárate. 2008. Using choice experiments to assess smallholder farmers' preferences for pig breeding traits in different production systems in North-West Vietnam. *Ecol. Econ.* 66:184-192.
- Roessler, R., P. Herold, H. Momm, and A. Valle Zárate. 2012. Organisation of breeding under difficult framework conditions--the case of smallholder pig breeding in mountainous areas in Northwest Vietnam. *Arch. Anim. Breed.* 55/56:590-602.
- Rutten, M. J. M., P. Bijma, J. A. Wooliams, and J. A. M. van Arendonk. 2002. SelAction: Software to predict selection response and rate of inbreeding in livestock breeding programs. *J. Hered.* 93:456-458.
- SAGPyA. 2000. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Programa para el mejoramiento de la producción y calidad del Mohair*. Boletín Oficial Nro. 29, 445:6-8.
- Scarpa, R., E. S. K. Ruto, A. G. Drucker, S. Anderson, N. Ferraes-Ehuan, V. Gomez, C. R. Rizopatron, and O. Rubio-Leonel. 2003a. Valuing genetic resources in peasant economies: the case of 'hairless' creole pigs in Yucatan. *Ecol. Econ.* 45:427-443.

- Scarpa, R., E. S. K. Ruto, P. Kristjanson, M. Radney, A. G. Drucker, and J. E. O. Rege. 2003b. Valuing indigenous cattle breeds in Kenya: an empirical comparison of stated and revealed preference value estimates. *Ecol. Econ.* 45:409-426.
- Scherf, B., and M. Tixier-Boichard. 2009. Production environment recording. *Anim. Genet. Resour. Inf.* 44:7-10.
- Sölkner, J., H. Nakimbugwe, and A. Valle Zárate. 1998. Analysis of determinants for success and failure of village breeding programmes. In: *Proceedings 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Armidale (Australia), 11-16 January 1998*, 25:273-280.
- Tano, K., M. Kamuanga, M. D. Faminow, and B. Swallow. 2003. Using conjoint analysis to estimate farmers' preferences for cattle traits in West Africa. *Ecol. Econ.* 45:393-407.
- Täubert, H., F. Reinhardt, and H. Simianer. 2010. ZPLAN+ A new software to evaluate and optimize animal breeding programs. In: *Proceedings 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig (Germany), 1-7 August 2010*.
- Valle Zárate, A., and A. Markemann. 2010. Community-based breeding programmes incorporating local breeds: Concept, research results and implementation strategy on pigs in Northern Vietnam. In: *Proceedings 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig (Germany), 1-7 August 2010*, p. 845.
- Wurzinger, M., L. Escareño, F. Pastor, H. Salinas, L. Iñiguez, and J. Sölkner. 2013. Design and implementation of a community-based breeding program for dairy goats in Northern Mexico. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 16:289-296.
- Wurzinger, M., D. Ndumu, R. Baumung, A. G. Drucker, A. M. Okeyo, D. K. Semambo, and J. Sölkner. 2006. Assessing stated preferences through the use of choice experiments: valuing (re)production versus aesthetics in the breeding goals of Ugandan Ankole cattle breeders. In: *Proceedings 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte (Brazil), 13-18 August 2006*.
- Wurzinger, M., J. Sölkner, and L. Iñiguez. 2011. Important aspects and limitations in considering community-based breeding programs for low-input smallholder livestock systems. *Small Rumin. Res.* 98:170-175.
- Wurzinger, M., A. Willam, J. Delgado, M. Nürnberg, A. Valle Zárate, A. Stemmer, G. Ugarte, and J. Sölkner. 2008. Design of a village breeding program for a llama population in the High Andes of Bolivia. *J. Anim. Breed. Genet.* 125:311-319.