

La llama de Ayopaya: un recurso zoogenético originario de Bolivia. Desafíos para su conservación

The Ayopaya llama: an animal genetic resource originating from Bolivia, and the challenges to its conservation

ANGELIKA STEMMER^{1*} Y ANNE VALLE-ZÁRATE²

¹ Programa Rumiantes Menores, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

² Instituto de Producción Animal en los Trópicos y Subtrópicos, Universidad Hohenheim, Alemania.

*Correo electrónico: a.stemmer@umss.edu.bo

ENVIADO EL 30 DE JULIO DE 2015/ ACEPTADO EL 12 DE AGOSTO DE 2015

RESUMEN

Los camélidos domésticos juegan un papel muy importante en la vida productiva, social y cultural del productor andino en Bolivia. Son fuentes de fibra, carne y varios subproductos; son indispensables en el uso eficiente y sostenible de los ecosistemas frágiles y pobres en recursos naturales de las alturas. La presente contribución resume las investigaciones realizadas desde el año 1998 hasta el presente, en la Provincia Ayopaya del Departamento de Cochabamba, Bolivia, por el Programa Rumiantes Menores de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón. Se describen los avances en la caracterización de la llama de Ayopaya y su sistema de producción, involucrando características de reproducción, caracteres fenotípicos (medidas zoométricas, pesos corporales), rendimiento de fibra, rendimiento de leche, funciones y usos de las llamas, criterios de selección aplicados por los criadores, además aspectos zoonosanitarios. Se resalta la importancia de la conservación de la llama de Ayopaya. Los principales desafíos en la conservación se identifican en la incipiente comercialización de productos y en la reciente introducción de alpacas en la zona.

Palabras clave: Caracterización, sistema de producción, mejoramiento genético, alpaca

INTRODUCCIÓN

Bolivia es un país de alta biodiversidad, también en sus recursos zoogenéticos. Junto con el Perú, es el centro de domesticación de los camélidos domésticos. Se distinguen dos especies domesticadas, la alpaca y la llama, además de dos especies silvestres: la vicuña y el guanaco.

Llamas y alpacas fueron domesticadas hace 6 000 a 7 000 años (Wheeler, 1995). Las cuatro especies de camélidos sudamericanos pueden cruzar entre sí y producen crías fértiles. Los camélidos domésticos juegan un papel muy importante en la vida productiva, social y cultural del productor andino. Son fuentes de fibra, carne, varios subproductos y son indispensables en el uso eficiente y sostenible de los ecosistemas frágiles y pobres en recursos naturales de las alturas de Bolivia, Perú, Argentina y Chile.

La alpaca se considera como la forma doméstica de la vicuña (Miranda, Fernández,

ABSTRACT

Domestic camelids play a major role in the productive, social and cultural life of the Andean peasants. They are a source of fiber, meat, and a range of sub-products; they are indispensable for the efficient and sustainable use of the fragile and resource-poor ecosystem of high altitudes. This contribution is a summary of research undertaken since 1998 to the present in the province of Ayopaya in the Department of Cochabamba, in Bolivia, by the Small Ruminant Program of the Faculty of Agriculture at the Universidad Mayor de San Simón. Progress in the characterization of the Ayopaya llama and its production system is described, involving reproduction as well as phenotypic traits (body measurements and weights), fiber and milk yield, functions and uses of llamas, selection criteria applied by the breeders, and aspects of animal health. The importance of the conservation of the llama of Ayopaya is stressed. Principal threats to conservation are identified, such as the rudimentary marketing of products and the recent introduction of alpacas in the region.

Key words: Characterization, production system, breeding, alpaca

Stanley, Rosado, Wheeler y Bruford, 2000), de tamaño intermedio entre llama y vicuña. Es criada para fibra y carne. El color predominante de sus vellones es el blanco, pero existen todos los demás colores naturales. La exportación de fibra de alpaca constituye un aporte importante de divisas. Se hicieron esfuerzos en la mejora genética de esta especie. La llama es la forma doméstica del guanaco y más grande que este (Miranda et al., 2000). Es utilizada para carne y fibra, además, como animal de carga. El vellón puede tener cualquier color natural de blanco hasta negro y combinaciones de estos. La llama no ha sido sujeta a una mejora genética sistemática a largo plazo, aunque su fibra es tan valiosa como la de alpaca si se procesa adecuadamente.

Alrededor de 80% de las alpacas y la totalidad de las llamas en Bolivia pertenecen a pequeños productores, generalmente carentes de recursos. En la provincia de Ayopaya del departamento de Cochabamba, Bolivia, la

llama es de suma importancia en el sistema de producción agropecuaria. En la Cordillera Este, en alturas entre 3 800 y 4 800 msnm se crían alrededor de 52 000 camélidos pertenecientes a 1 100 familias (FIDA, FCD, UNEPCA y CAF, 1999). La llama está adaptada a las duras condiciones climáticas, marcadas por la alternancia entre temporadas de lluvias y secas con heladas nocturnas. Las llamas convierten con eficiencia la vegetación de estos ambientes en carne, fibra, cuero, estiércol y transporte (Bernal, 2005). Contrariamente a lo ocurrido en el altiplano de Bolivia, la región de Ayopaya y sus recursos genéticos animales han sido poco estudiados.

El presente artículo resume resultados de las investigaciones realizadas por el Proyecto Llamas del Programa Rumiantes Menores, el cual se desarrolla en colaboración entre ORPACA (Organización Regional de Productores Agropecuarios de Calientes), la ONG ASAR (Asociación de Servicios Artesanales y Rurales), las universidades de Hohenheim, Alemania y la Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia (Valle Zárate, 1999; Stemmer, Valle Zárate, Nuernberg, Delgado, Wurzinger, Soelkner et al., 2002). Después de dar a conocer los avances en la caracterización de la llama de Ayopaya, se describen la importancia de su conservación y los desafíos que se tienen que afrontar en esto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación sobre la llama en la provincia de Ayopaya se inició en el año 1998. Hasta la fecha se realizaron cuatro tesis doctorales (tres en la Universidad Hohenheim, Alemania y una en la Universidad BOKU de Viena, Austria) (Delgado, 2003; Nuernberg, 2005; Nuernberg y Valle Zárate, 1999; Wurzinger, Delgado, Nuernberg, Valle Zárate, Stemmer, Soelkner et al., 2003; Wurzinger, Delgado, Nuernberg, Valle Zárate, Stemmer, Ugarte et al., 2005; Wurzinger, Delgado, Nuernberg, Valle Zárate, Stemmer, Ugarte et al., 2006; Markemann, Stemmer y Valle Zárate, 2006; Markemann, Stemmer, Siegmund-Schultze, Piepho y Valle Zárate, 2009; Markemann y Valle Zárate, 2010; Markemann, Zander, Siegmund-Schul-

tze, Stemmer, Roessler, Herold et al., 2010; Markemann, 2010), una tesis de Maestría (Universidad Hohenheim, Alemania) (Alandia, 2003) y cinco tesis de grado (Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia) (Fernández, 2005; Maldonado, 2008; Palacios, 2009; Cáceres, 2009; Yavi, 2012; Yavi y Stemmer, 2012), además de tres tesis de grado en desarrollo.

La zona de estudio se ubica en el municipio de Cocapata (provincia Ayopaya) e involucra 15 comunidades alrededor del poblado de Calientes. Este último se encuentra a 120 km de la ciudad de Cochabamba, sobre un camino de tierra que une la ciudad con la localidad de Cocapata. La zona se encuentra asentada en la Cordillera Oriental a alturas de 3 800 a 4 800 msnm. El clima es frío, la temperatura media mínima medida en el año 1998/1999 fue 0,2 °C y la media máxima 6,4 °C. La precipitación en el mismo año fue 650 mm, con lluvias distribuidas mayormente en los meses de diciembre a marzo. Estos son los únicos datos meteorológicos disponibles de la zona de estudio. (Nuernberg, 2005)

La caracterización del recurso genético de la llama de Ayopaya involucra la evaluación del sistema de producción, características de reproducción, caracteres fenotípicos (medidas zoométricas, pesos corporales), rendimiento de fibra y de leche. Además, se investigaron las funciones y usos de las llamas y los criterios de selección aplicados por los criadores. La información generada se complementó con investigaciones de aspectos zoonosológicos.

El sistema de producción fue evaluado mediante observaciones de larga duración en una comunidad de referencia, además de encuestas estructuradas y semiestructuradas en cinco comunidades (Nuernberg, 2005). Las características fenotípicas y de producción fueron evaluadas en números distintos de animales, entre 730 y 2 821 llamas, según el tipo de caracteres. El peso corporal fue tomado con una balanza electrónica y las medidas zoométricas con una cinta métrica. Se distinguen tres tipos de llamas: las *Th'ampulli*, usadas principalmente para la producción de fibra, las *Kh'aras*, orientadas a la producción de carne, y las inter-

medias. Las muestras de fibra fueron tomadas del flanco izquierdo, parte media, de los animales y analizadas con la metodología OFDA. Una descripción detallada de la metodología estadística se encuentra en Delgado (2003). La estimación de los parámetros genéticos se realizó exclusivamente mediante relación madre-progenie. En total, 860 pares madre-progenie se identificaron en los datos. La estimación de los parámetros genéticos se realizó con el programa VCE (Groeneveld, 1998). Los modelos estadísticos utilizados se detallan en Wurzinger et al. (2003, 2005, 2006)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización de la llama de Ayopaya y su sistema de producción

Sistema de producción y uso de productos

El sistema de producción (Nuernberg, 2005) es agro-pastoril y se caracteriza por su diversidad. Por la existencia de diferentes rubros de producción existe una minimización de riesgos, lo cual es muy importante en zonas marginales. Los ingresos proceden principalmente de la producción de papa y la producción animal. Las principales especies animales criadas son llamas y ovejas; cada rebaño está constituido en promedio por 48 llamas y 76 ovejas, pero existen grandes diferencias en el número de animales por rebaño. Adicionalmente, la mayor parte de los ganaderos tiene alpacas y en algunos casos bovinos, equinos y gallinas.

Según los criadores, las llamas tienen más importancia que las ovejas por el uso como animal de carga y la baja demanda de mano de obra (no se construyen corrales, no se realiza

pastoreo durante todo el año). Las funciones de llamas y ovejas dentro del sistema de producción se detallan en el Cuadro 1.

Gran parte de los productos son utilizados en el consumo familiar y solo un pequeño porcentaje es comercializado en mercados locales. Los compradores y los productores de fibra coinciden en que existe una demanda de fibra de llama pero por razones de bajos índices de extracción, fluctuación de la calidad y cantidad no se aprovecha este potencial.

Todos los criadores usan llamas como medio de transporte de productos o insumos agrícolas. Normalmente se usan machos castrados, a veces machos enteros, pero nunca las hembras. Cada animal transporta alrededor de 25 kg, por un promedio de 6 horas diarias. La importancia de las llamas como medio de transporte se está disminuyendo en la región, reemplazándose por uso de vehículos motorizados.

Las zonas de pastoreo son propiedad de las comunidades (salvo pocas excepciones). El 25% de los ganaderos no realiza rotación de praderas, y esto origina problemas de sobrepastoreo. Los restantes tienen zonas de pastoreo diferentes en la época seca y en la época de lluvias. Este hecho depende de las tierras disponibles que tiene cada criador y que varía bastante entre comunidades.

Según los productores, la desaparición de especies vegetales, la erosión de suelos y la escasez de forraje, son notorios en los últimos años. Por cambios en los derechos de suelo y agua hay reducción de las áreas de pastoreo. También existe un cambio del sistema tradicional de producción: La ganadería era trashumante, hoy en día es sedentaria durante todo el año con incipiente migración a centros urbanos. Por

Cuadro 1. Funciones de las llamas dentro del sistema de producción en comparación con las ovejas

Función	Llama	Oveja
Estiércol	Uso en la cocina como combustible; uso para abono	Uso para abono
Carne	Charque (uso a largo plazo)	Carne fresca (uso a corto plazo)
Fibra/Lana	Producción de costales, sogas	Producción de frazadas
Cuero	Alfombras, correas, lazos	Alfombras, correas, lazos
Piel	Tapices	Tapices
Leche	-----	Queso, leche fresca
Otras	Animal de carga. Función cultural (ritos)	-----

Fuente: Stemmer et al., 2005.

esto, las áreas usadas anteriormente durante la trashumancia ya no están disponibles.

Los precios de todos los productos son poco estables, en los últimos años se produjo una bajada en el precio de la papa, la lana y la carne de oveja, también de la fibra de llama. Las condiciones difíciles en las que viven y producen los criadores de camélidos también fueron descritos para el caso del altiplano boliviano. (Ansaloni, Pyszny, Marquina, Claros, Claros, Quispe et al., 2013; Valdivia, Gilles y Turin, 2013)

Aspectos reproductivos

La tasa de fertilidad, o sea el número de crías nacidas vivas en un año en relación con el número de hembras en edad reproductiva (mayores a 3 años) fue en promedio 55,3% con un rango de 30,59 a 58,44%. Estas observaciones se refieren a tres años y fueron observados en 28 a 51 rebaños. Esta aptitud de la reproducción presentada en las llamas de Ayopaya es muy baja, pero común para el hábitat andino. El rango de la tasa de fertilidad para camélidos criados en diferentes ambientes y sistemas de producción fue reportado en 50 a 90% (Vaughan y Tibary, 2006). La tasa de mortalidad de crías desde el nacimiento hasta el año de edad fue 35% en promedio de 2 años y para 237 crías nacidas vivas.

Un proyecto financiado por Project Concern International intentó bajar esta mortalidad alta en crías de llama, construyendo corrales parcialmente techados en la provincia de Ayopaya y otras regiones alto-andinas. Dos tesis de grado (Maldonado, 2008; Yavi, 2012) evaluaron los efectos del tipo de corral en 2 y 4 comunidades del municipio de Cocapata. Las temperaturas registradas durante la época de lluvias (verano) en corrales a cielo abierto tuvieron una mínima de -2 °C y una máxima de 13 °C. Los corrales con techo reportaron una mínima de 3 °C y una máxima de 17 °C. De esta manera se evidenció que los corrales con techo generan condiciones más adecuadas para los animales.

Yavi (2012) reportó que los corrales con techo registraron 8% de mortalidad en crías desde el nacimiento hasta los dos meses de edad y la causa más frecuente fue por diarrea. Las llamas que durmieron sin protección registraron 21% de mortalidad en crías, siendo las causas:

diarrea, hipotermia y depredadores. Maldonado (2008) encontró mortalidades parecidas: en crías hasta los 60 días de edad 12% en corrales con techo y alimentación complementaria, y 21% en corrales sin techo y sin alimentación complementaria. Reynaga (2006) reportó diferencia significativa en la mortalidad en crías hasta los 3 meses de edad con 5% en corrales con techo y 20% en corrales sin techo, en dos ecosistemas de serranía y planicie en los departamentos de Oruro y Potosí.

Características fenotípicas

El peso al nacer tuvo un rango de 5 a 7 kg y el peso de animales *Th'ampulli* adultos de 101 kg en machos y 75 kg en hembras (Wurzinger et al., 2005). Parra (1999) reportó 82 kg para animales mayores a 4 años, en el departamento de La Paz.

La altura a la cruz fue 64 cm al nacer y 101 cm en llamas adultas. El perímetro torácico, la longitud del cuerpo y el perímetro abdominal desarrollaron de 54, 36 y 37 cm al nacimiento a 111, 79 y 79 cm a la madurez. Parra (1999) encontró 99 cm de altura a la cruz para animales mayores a 4 años, 102 cm de perímetro torácico y 77 cm de longitud de cuerpo.

En Ayopaya predomina el tipo de llamas denominado *Th'ampulli* con aproximadamente 89% del total de la población, seguido por el tipo *Kh'ara* con 10%. Los intermedios y Huarizos (cruce entre llama y alpaca) llegaron al 1%. La proporción elevada del tipo *Th'ampulli* es la más alta reportada en Bolivia. (Delgado, 2003)

Existe una gran variedad de colores y tonalidades de los vellones. Los colores enteros toman parte con 78% y los manchados con una alta proporción de 22%. La mezcla de colores es inconveniente para la exportación y producción óptima de fibra. Entre los colores enteros el café es el color predominante con 40,3% del total de los animales, seguido del *beige* con 16,9% y del blanco con 8,2%. Los colores gris, negro y rosillo están representados con bajas proporciones de 5,4, 5,4 y 1,7%, respectivamente.

Rendimiento de fibra

Para la evaluación de la calidad de la fibra se tomaron en cuenta todos los atributos de la

fibra de relevancia para los procesos de elaboración y transformación textiles. (Delgado, 2003) (Cuadro 2)

El diámetro total de fibras promedió 22,2 μm , la desviación estándar del diámetro total de fibras, como parámetro de variación dentro de la mecha, mostró un promedio de 7,5 μm . La proporción de fibras finas reveló un alto valor promedio de 91,3% con un diámetro de 20,47 μm . Las proporciones de fibras meduladas y de kemp fueron 21,92 y 0,44%, respectivamente. En llamas del altiplano de La Paz, el diámetro total de fibras promedió $31,6 \pm 5,29$ μm . (Martínez, Íñiguez y Rodríguez, 1997)

La población de llamas de Ayopaya, que hasta ahora no ha sufrido una selección dirigida, presenta características de extraordinaria calidad en comparación con otras poblaciones bolivianas, que en cierta manera se encuentran bajo una selección orientada a la producción de carne (Delgado, 2003). El peso de vellón (1,77 kg) fue mayor a los registrados por Cochi (1999) del altiplano norte e Íñiguez, Alem, Wauer y Mueller (1998) del altiplano sur, con un rango de 0,9 a 1,5 kg. El rendimiento al lavado fue 86,6% en promedio. (Fernández, 2005)

Parámetros genéticos

Las heredabilidades estimadas de peso vivo, altura a la cruz, perímetro torácico, longitud de cuerpo y perímetro abdominal fueron 0,36, 0,27, 0,15, 0,09 y 0,11, respectivamente. (Wurzinger et al., 2005) (Cuadro 3)

Las heredabilidades de las medidas zoométricas fueron más bajas que las del peso vivo. Una posible explicación de estas diferencias es el error de medición porque la mayoría de las llamas no estaban esquiladas.

Las estimaciones de heredabilidades del peso vivo son escasas y no se pudo encontrar ninguna estimación para medidas zoométricas. Choque (1988) indica la heredabilidad del peso al nacimiento con 0,47 y del peso al destete con 0,35; pero estas estimaciones se basan solamente en 56 observaciones.

En el Cuadro 4 se presentan las heredabilidades de diámetro total de fibras, desviación estándar del diámetro total de fibras, diámetro de fibras finas, proporción de fibras finas y proporción de kemp; estas fueron 0,33, 0,28, 0,36, 0,32 y 0,25, respectivamente (Wurzinger et al., 2006). Las correlaciones genéticas oscilaron entre -0,94 y 0,96. Existen en literatura pocas estimaciones de heredabilidades de características de la fibra.

Cuadro 2. Producción y calidad de la fibra

Característica	n ¹⁾	MMC ²⁾
Diámetro total de fibras (μm)	2 766	22,16
Desviación estándar del diámetro total de fibras	2 766	7,46
Proporción de fibras finas (%)	2 766	91,27
Diámetro de fibras finas (μm)	2 766	20,47
Proporción de fibras meduladas (%) ³⁾	689	21,92
Proporción de kemp (%)	2 766	0,44
Peso del vellón (kg) ⁴⁾	323	1,77 ⁵⁾
Largo de la mecha (cm)	2 613	14,8

1) Número de muestras 2) Medias de mínimos cuadrados 3) Muestras de color blanco 4) Animales de 2 a 12 años de edad 5) Promedio aritmético (no se realizó un análisis de varianza). Fuente: Delgado, 2003.

Cuadro 3. Heredabilidades estimadas (sobre la diagonal), correlaciones genéticas (arriba de la diagonal) y correlaciones ambientales de efectos permanentes (debajo de la diagonal) del peso vivo y de las medidas zoométricas

	PV ¹⁾	AC	PT	LC	PA
PV ¹⁾	0,36 \pm 0,08	0,66 ^a	0,83 ^a	0,87 ^a	0,82 ^a
AC	0,63 ^a	0,27 \pm 0,04	0,81 \pm 0,02	0,77 \pm 0,02	0,65 \pm 0,03
PT	0,64 ^a	0,99 \pm 0,05	0,15 \pm 0,04	0,63 \pm 0,04	0,94 \pm 0,02
LC	0,62 ^a	0,99 \pm 0,04	0,99 \pm 0,05	0,09 \pm 0,03	0,55 \pm 0,02
PA	0,65 ^a	0,77 \pm 0,06	0,75 \pm 0,07	0,86 \pm 0,07	0,11 \pm 0,02

a: no se pudo estimar la desviación estándar, PV ¹⁾: peso vivo, AC: altura a la cruz, PT: perímetro torácico, LC: longitud de cuerpo, PA: perímetro abdominal. Fuente: Wurzinger et al., 2005.

Cuadro 4. Heredabilidades estimadas (sobre la diagonal), correlaciones genéticas (arriba de la diagonal) y correlaciones de los residuos (debajo de la diagonal) de las características de la fibra

	DT ¹	DE	DFF	PFF	PK
DT ¹	0,33 ± 0,05	0,62 ± 0,07	0,96 ± 0,008	-0,94 ± 0,02	0,37 ± 0,11
DE	0,71 ± 0,05	0,28 ± 0,05	0,44 ± 0,09	-0,72 ± 0,06	0,72 ± 0,07
DFF	0,97 ± 0,05	0,59 ± 0,05	0,36 ± 0,05	-0,82 ± 0,04	0,33 ± 0,11
PFF	-0,92 ± 0,06	-0,72 ± 0,06	-0,83 ± 0,06	0,32 ± 0,06	-0,25 ± 0,13
PK	0,47 ± 0,05	0,60 ± 0,05	0,42 ± 0,05	-0,35 ± 0,05	0,25 ± 0,05

DT¹: diámetro total de fibras, DE: desviación estándar del diámetro total de fibras, DFF: diámetro de fibras finas ≤ 30 µm, PFF: proporción de fibras finas ≤ 30 µm, PK: proporción de kemp.
Fuente: Wurzinger et al., 2006.

Frank, Hick, Lamas y Whebe (1996) reportaron una heredabilidad de 0,29 para el diámetro de la fibra y 0,23 para la desviación estándar. En llamas argentinas, la heredabilidad para el diámetro de la fibra fue $0,28 \pm 0,10$ (Frank, Hick, Gauna, Lamas, Renieri y Antonini, 2006); este parámetro fue $0,32 \pm 0,05$ en llamas argentinas criadas fuera del altiplano. (Frank, Hick, Molina y Caruso, 2011)

Rendimiento de leche

En el estudio de Yavi y Stemmer (2012) se determinó también el rendimiento de leche como una característica materna. Se emplearon 184 llamas (49 madres con sus respectivas crías que durmieron en corrales con techo y 43 madres y sus crías que durmieron en corrales a cielo abierto). El ensayo tuvo una duración de 63 días. La producción de leche se registró una vez por semana, para lo cual se utilizó el método de amamantamiento de crías.

Las llamas manejadas bajo techo producían significativamente más leche desde la primera hasta la quinta semana de lactación, entre 57 y 83 g en 12 horas. El efecto de número de lactación (primera, segunda, tercera y mayor) no fue significativo. En la comunidad de Kumara se registraron menores cantidades de leche producida que en las otras tres comunidades, solamente en la primera y cuarta semana de lactación. La mayor producción de leche se registró en la quinta semana con 83 g de leche en corrales con techo y en corrales sin techo en la cuarta semana con 66 g, ambos evaluados a intervalos de 12 horas. Las diferencias de producción se atribuyen a las distintas condiciones ambientales a las que los animales fueron sometidos; los animales que pasaron la noche bajo techo estuvieron protegidos de las inclemencias climáticas, de mane-

ra que a menor pérdida de energía corporal, la producción de leche se mantuvo inalterable.

En este ensayo se empleó el método de amamantamiento de crías para medir indirectamente la producción de leche en las madres. Este método es recomendable solamente para crías menores de 5 semanas de edad, porque a mayor edad ya no tienen necesidad inmediata de lactar en la mañana cuando se les saca el bozal, porque es posible que soporten por más tiempo el ayuno.

Funciones y usos de las llamas

Markemann (2010) investigó las funciones productivas, sociales y culturales que cumplen las llamas, valorizando estas funciones desde el punto de vista de los criadores (Markemann et al., 2006; Markemann et al., 2009). La valorización la realizaron 75 productores (hombres y mujeres) de 6 comunidades en Ayopaya, obteniendo una jerarquización de las siguientes 10 funciones de llamas identificadas: medio de transporte a los cultivos, medio de transporte para otros propósitos, proveedor de estiércol para combustible en la cocina, consumo de carne y/o charque, venta de fibra, uso doméstico de la fibra, venta de animales en vivo para gastos de emergencia, venta de animales en vivo para libre disposición, significado de los animales en la cultura así como recurso de capital.

La función de recurso de capital fue la más importante, seguida de las funciones como medio de transporte a los cultivos y transporte para otros propósitos, siendo las primeras dos significativamente más importantes que las demás. Entre las funciones que ocuparon el tercer al noveno lugar no hubo diferencias significativas, mientras que la función de significativamente menos importancia que todas

las demás fue la integración de animales en eventos culturales o sociales. Las mujeres dieron más importancia al uso de estiércol para combustible que los varones. Los varones a su vez valoraron más que las mujeres la venta de animales en vivo para cubrir gastos de emergencia y para libre disposición.

Se concluyó que prevalecen las funciones de llamas tradicionalmente importantes como acumulación de bienes e incorporación estrecha de estos camélidos en sistemas de producción integrados de cultivos y animales.

Criterios de selección aplicados por los criadores

La selección de reproductores se realiza mediante la castración de machos que no se consideran para la reproducción. Se necesita un macho reproductor por cada 10 a 20 hembras. La selección de hembras se realiza muy poco; usualmente, las hembras se quedan en su rebaño hasta su muerte por edad avanzada o enfermedad. Para las pocas veces que se sacrifican hembras, las principales razones fueron indicadas como edad avanzada, esterilidad y necesidad de carne para el autoconsumo, en este orden.

Las funciones más importantes de las llamas descritas en el apartado anterior, no se relacionan con rasgos de producción como se conocen en otras especies de animales de granja que se crían para la venta de productos. Esto tiene como consecuencia que la consideración de las funciones de las llamas en el objetivo de la mejora genética es compleja. Además, la mayoría de los productos de llamas es para el autoconsumo y no existe información detallada sobre transacciones mercantiles locales. Por estas razones, el desarrollo de valores económicos para características de selección en llamas es difícil para ambos rasgos de producción y otras funciones. Markemann y Valle Zárate (2010) y Markemann et al. (2010) apuntaron estas dificultades con la meta de aportar a la formulación del objetivo de la mejora genética en llamas.

En el estudio se involucraron 159 criadores de llamas en 7 comunidades de Ayopaya para evaluar los criterios de selección de machos

reproductores aplicados por los productores mediante ensayos de elección (*choice experiments*). Cinco atributos de llamas fueron usados para el diseño de las cartas de elección, cada carta combinó diferentes niveles de estos atributos: diámetro de fibra (17, 21, 25 y 29 μm), color del vellón (un solo color – con manchas), conformación corporal (apariencia “cuadrada” con patas, cuello y lomo rectos – cuello y patas rectos, lomo arqueado – cuello y lomo rectos, patas encorvadas – lomo y patas rectos, cuello aquilino), altura a la cruz (120, 100 y 80 cm) y conformación de testículos (grandes y uniformes – grandes y de diferente tamaño – pequeños). Como sexto atributo se adicionó a cada alternativa el precio de una llama adulta basado en un rango de precios del mercado informal al tiempo del estudio.

Los criadores demostraron preferencia por machos reproductores con fibra de alta calidad, vellón de un solo color y estatura alta. Sin embargo, se observó una divergencia entre los productores de tal forma que es probable que existan subpoblaciones entre los criadores, que prefieren llamas de tamaño medio y de vellón con manchas. Se necesitan más estudios para verificar esta apreciación y tomarla en cuenta en la formulación del objetivo de la mejora genética. Por otra parte, los criadores tuvieron aversión marcada a machos reproductores con testículos pequeños y de diferente tamaño. Entre las deficiencias de conformación corporal, patas encorvadas fueron mucho menos aceptables que lomo arqueado y cuello aquilino.

Se calcularon valores monetarios de la “disposición a pagar” (*willingness to pay*-WTP) para los atributos de selección. El valor simulado más alto se observó para llamas de fibra muy fina de 17 μm con 300 Bs (pesos bolivianos, 1 \$ US = 6,96 Bs), seguido por la mejora del diámetro de fibra de 29 a 25 μm con 220 Bs. Esto se traduce en un valor económico promedio de 40 Bs por unidad de μm de diámetro de fibra. Una llama de vellón de un solo color se valora 170 Bs, más cara que una de vellón manchado. Para un animal de 120 cm de altura a la cruz se pagaría 80 Bs más que para uno de 100 cm.

Se concluyó que la selección de machos reproductores en Ayopaya se realiza con base

en atributos fenotípicos bien determinados y precisos, los que muy probablemente aseguran desempeñar las funciones que los criadores requieren de sus animales. Parece que los criterios de calidad de fibra para la industria textil ya están siendo considerados en las decisiones de selección de los criadores, aspecto que provee una base promisorio para la comercialización de la fibra. Los valores WTP (disposición a pagar) pueden contribuir a la formulación de un objetivo de mejora genética para llamas en Bolivia. No obstante, se necesita más investigación sobre la integración de tales estimaciones en los cálculos de índices de selección, combinando valores económicos derivados del mercado y la preferencia de los criadores para las características de sus animales.

Sanidad animal

En un estudio con 200 llamas en 5 comunidades de Ayopaya, Alandia (2003) encontró alta prevalencia de piojos (71%) y ácaros de sarna (50%); en endoparásitos *Eimeria* spp. (88%), *Trichostrongylus* spp. (30%), *Nematodirus* spp. (25%), *Lamanema* spp. (19%), *Moniezia* spp. (15%) y otros nemátodos no identificados (12%). En diagnósticos participativos, la diarrea fue reportada como el problema sanitario más serio, seguido de la sarna, piojera, sarcocistiosis y parásitos internos. La aplicación de métodos preventivos era destinada generalmente al control de ectoparásitos. Productos farmacológicos fueron aplicados en 94% de los casos de control de ectoparásitos mientras que productos naturales no fueron empleados.

El estudio de ectoparasitosis fue profundizado por Palacios (2009) en 389 llamas en 6 comunidades. La prevalencia de piojos fue 62% y de sarna 3%; el último resultado probablemente debido a una desparasitación pocos días antes del muestreo. De 32 criadores entrevistados, 16% no desparasita, 50% desparasita una vez al año, 12% con más frecuencia, 16% solo cuando aparecen signos de enfermedad y el restante 6% no respondió. La dosificación se realiza estimando el peso del animal por no tener una balanza. Esto puede ocasionar sobre o subdosificaciones. El 75% de los entrevistados utiliza siempre el mismo antiparasitario. Una

rotación de praderas para evitar re-infestaciones solo lo realiza 9% de los encuestados.

La producción de carne de llama con o sin uso controlado de productos químicos abriría la posibilidad de acceder al mercado de productos ecológicos. Cáceres (2009) encontró que el manejo de las llamas es generalmente en concordancia con las normas del manejo ecológico. Sin embargo, el manejo sanitario no coincide con ellas por el uso de fármacos. De 88 encuestados, 72% usa algún método de prevención de enfermedades en sus llamas. En el tratamiento de enfermedades, el uso de productos farmacológicos va superando a los tratamientos tradicionales, aunque se conoce un gran número de remedios caseros provenientes de plantas medicinales y otros insumos. Mientras que 57% de varones usa productos farmacológicos exclusivamente, entre las mujeres es el 38%.

2. Importancia y desafíos de la conservación de la llama de Ayopaya

Adaptación de la llama

Como se describió en el apartado anterior, la llama de Ayopaya cumple un papel muy importante para los productores agropecuarios pequeños. Gracias a su alta capacidad de adaptación a las alturas, las llamas convierten pasturas de muy baja calidad nutritiva en valiosos productos como ningún otro animal doméstico en esta región. Los camélidos de origen sudamericano están perfectamente adaptados al ecosistema andino, habiendo evolucionado en este mismo sistema, a diferencia de las especies animales introducidas recién con la llegada de los españoles a partir del siglo XVI.

Coates y Ayerza (2004) concluyeron que para desarrollar sistemas de producción sostenibles para los Andes altos semi-áridos, el uso de llamas es una opción lógica y natural. Kuznar (1991) subrayó que los camélidos son superiores a los ovinos en la producción de carne, fibra y estiércol, como también en la eficiencia del consumo de las plantas forrajeras del altiplano; además, resisten mejor las sequías y heladas.

Un aspecto de importancia para el futuro es el cambio climático. Los productores de animales deberán hacer frente tanto a cambios climáticos lentos como a eventos climáticos extremos más frecuentes. La temperatura en la cordillera oriental y occidental de Bolivia ha subido entre 0,10 y 0,11 °C por década desde 1939, y el ritmo del calentamiento se está incrementado en estos últimos 25 años entre 0,32 y 0,34 °C por década (PNUD, 2013). La ganadería es afectada por la reducción de producción en las praderas, sequías temporales, aumento de la evapotranspiración con menor nivel de humedad y salinización de los suelos, concentración de la precipitación pluvial en períodos más cortos, desplazamiento de la distribución normal de precipitaciones, y mayor incidencia y aparición de nuevas plagas y enfermedades. (PNCC, 2010, citado por PNUD, 2013)

Ante este escenario, es probable que la llama, más que la alpaca, tenga posibilidades de adaptarse a los efectos del cambio climático por su preferencia por forrajes toscos con mucha proporción de fibra, poca exigencia en el consumo de agua y alta rusticidad que se manifiesta en pocos problemas sanitarios.

Comercialización de la fibra

Para los pequeños productores, la integración de cultivos y animales, además de la diversidad de cultivos y especies animales criadas, son de suma importancia. En años de malas cosechas la venta de animales y sus productos contrarresta la pérdida económica sufrida. Los animales cumplen muchas funciones, entre ellas las de ahorro, seguridad alimentaria, prestigio social y ocupación de mano de obra familiar.

Entre las dificultades que enfrenta el pequeño criador andino está el acceso a los mercados y la comercialización de los productos agropecuarios a precios razonables. Si bien una parte importante de los productos animales es para el autoconsumo de la familia, también necesitan generar ingresos en efectivo. Con la crianza de camélidos existe la posibilidad de comercialización de fibras.

Las llamas de Ayopaya tienen una calidad de fibra extraordinaria, no alcanzada por llamas de ninguna otra región de Bolivia. Pero se

comercializa muy poco de esta fibra debido a varios factores, entre ellos los bajos precios obtenidos por este producto y estos, a su vez, por la mala imagen que goza la fibra de llama en el mercado. Las llamas tienen vellón de doble cobertura: una capa externa de fibras gruesas sin valor en el mercado y una capa interior de fibras finas. La separación de estas dos clases de fibras es el descordado, y la venta de únicamente las fibras finas seleccionadas incrementaría en gran medida su valor en el mercado, la economía y la calidad de vida de los criadores. El Proyecto Llamas está trabajando en este aspecto; se está instalando un laboratorio de calidad de fibra de origen animal con un equipo OFDA y una máquina descordadora, ambos donaciones de la Universidad Hohenheim. Con el análisis de calidad de fibra y la posibilidad del descordado se abre la posibilidad para la comercialización de fibras clasificadas, de mayor valor económico y competitivas en el mercado, como un aporte al uso sustentable de las llamas en esta región de Bolivia.

Introducción de alpacas

En las regiones alto-andinas de Bolivia se crían llamas y alpacas desde hace miles de años. Las dos especies difieren bastante en varios aspectos: tamaño corporal y fuerza, hábitos alimenticios y preferencia de hábitat. En la mayoría de los casos, las dos especies no viven en las mismas zonas; de acuerdo con las preferencias y características de ambas especies, las alpacas se crían en praderas húmedas, los bofedales, y las llamas en praderas secas, los pajonales. El caso de Ayopaya es distinto: existen bofedales y pajonales, pero tradicionalmente se criaban solamente llamas y fue recién en la década de 1980 cuando se introdujeron alpacas. Desde la década de 1990, dos organizaciones se dedicaron a distribuir y fomentar esta especie. La fibra de la alpaca no tiene la desventaja de la fibra de llama de doble cobertura, por esto no necesita el descordado.

En el censo del año 1997 se reportaron 741 cabezas de alpacas en la provincia de Ayopaya y 52 589 llamas; para todo el departamento de Cochabamba, estas poblaciones fueron 904 y 98 707, respectivamente (FIDA, FDC, UNEPCA y

CAF, 1999). En el censo del año 2008 solo se reportaron números de camélidos para todo el departamento de Cochabamba, sin distinguir por provincia; se publicaron los siguientes números: 6 762 alpacas y 102 035 llamas.

Mientras que el incremento porcentual en el número de llamas es reducido, para las alpacas es mucho mayor. Las condiciones ambientales apropiadas para alpacas se encuentran casi exclusivamente en la provincia de Ayopaya y muy poco en las otras provincias de Cochabamba. Por esta razón se puede estimar que la gran mayoría de las alpacas de Cochabamba se encuentran en Ayopaya, posiblemente alrededor de 6 000 cabezas en el año 2008. Esto se traduce en un aumento de 800% en 11 años. El último censo se realizó en el año 2013, pero lamentablemente sus resultados no se han publicado todavía. Por esto, y por las limitaciones del censo de 2008, no se puede cuantificar exactamente el desarrollo de la población de llamas en Ayopaya.

El aumento acelerado del número de alpacas se evidencia también en nuestra zona de estudio. En los años 2005 y 2006, Markemann realizó un estudio con 47 criadores en 3 comunidades y encontró 1 269 alpacas solamente en estas 47 fincas. (Markemann y Valle-Zárate, 2010)

Desde la introducción de alpacas a Ayopaya no se han realizado estudios sobre las funciones que cumplen en el sistema de producción del pequeño criador, se desconoce si existe complementariedad y compatibilidad entre llamas y alpacas, si la crianza de ambas especies es de beneficio o una de las dos especies compite con la otra.

Actualmente se desarrolla un proyecto de investigación para determinar el propósito de la incorporación de alpacas al sistema de producción existente, además de valorar las implicaciones de esta introducción por parte de los productores. Resultados preliminares de este estudio indican que los productores con acceso a bofedales prefieren criar alpacas por los mejores precios de la fibra, respecto a las llamas. Los intentos de criar alpacas sin tener bofedales no prosperaron. El consumo de carne de alpaca o llama es igual en preferencia. Las alpacas no tienen el propósito de ser animales de carga por falta de docilidad.

La introducción de alpacas tuvo como consecuencia un descenso en el número de llamas, en razón de la competencia por los forrajes nativos de la zona. Un primer sondeo se hizo en cuatro comunidades y con 9 criadores, de los que ninguno había tenido alpacas hace 20 años. En la actualidad, estos productores tienen en promedio 130 alpacas, con un rango de 20 a 320 cabezas por rebaño. El número de llamas hace 20 años fue en promedio 112 por rebaño, con un rango de 30 a 190; a la fecha, el promedio es 44 cabezas; un criador ya no tiene llamas, los otros tienen de 18 a 80 cabezas. En contrario, el número de ovinos se mantuvo casi constante: 83 cabezas en promedio antes y 78 actualmente.

En el altiplano peruano, Kuznar (1991) observó que los criadores optimizan el valor de su rebaño concentrándose en alpacas que les proveen ingresos en efectivo y reduciendo el número de llamas cuando se expande el sistema de transporte motorizado.

Amenaza para la población de llamas en Ayopaya

Aplicando la estimación del riesgo de extinción propuesta por la FAO (2013) a la población de llamas de Ayopaya, se obtienen los siguientes valores para cinco parámetros que se toman en cuenta:

- 1) Tamaño de población estimado = mayor a 10 000 hembras reproductoras (valor ponderado: 0,0).
- 2) Cambio reciente en el tamaño de población = la población ha disminuido más que el 20% en los últimos 10 años (estimación con base en investigación en curso) (valor: 0,2).
- 3) Distribución geográfica = la población se encuentra en una sola zona del país (valor: 0,1).
- 4) Los animales son mantenidos mediante programas oficiales de mejora genética o asociación de criadores = no existen tales programas (valor: 0,1).
- 5) Opinión de los criadores sobre el rendimiento económico o productivo de sus animales, basado en una encuesta, asignando puntos de 1 (pobre) a 4 (excelente) = opinión promedio ≥ 3 (estimación con base en investigación en curso) (valor: 0,0).

El riesgo de extinción es igual a la suma de los valores para los 5 parámetros más 0,05, estimando un valor de 0,45 de probabilidad de extinción en una escala de 0,05 a 0,95. La probabilidad de extinción se incrementaría a 0,55 en el caso de que la población de hembras reproductoras haya disminuido más que lo estimado. Según datos de Delgado (2003), 38% del rebaño está constituido por hembras en edad reproductiva. En el censo de 1997 con 52 600 cabezas, esto significa un poco menos que 20 000 hembras. A causa de la falta de censos actuales, no se sabe si la población habrá bajado a menos de la mitad o no.

Otro aspecto de una posible erosión genética de la llama de Ayopaya es el cruzamiento entre llamas y alpacas que da como resultado el nacimiento de crías fértiles denominadas huarizos. De nueve criadores entrevistados, tres indicaron tener estos híbridos, a los que califican de muy poca importancia productiva. Los cruzamientos entre llamas y alpacas parecen ocurrir accidentalmente, pero no se sabe hasta qué punto los criadores tratan de evitar estos apareamientos. El número de llamas hembra cubiertas por reproductores alpacas es desconocido y debería restarse de la población de las llamas reproductoras que se emplean para reproducirse en forma pura.

En consecuencia, la población de llamas de Ayopaya está en un nivel intermedio en la escala de amenaza de extinción. Es evidente la importancia de censos actuales y confiables, además del monitoreo de esta población.

CONCLUSIONES

La llama de Ayopaya es un recurso autóctono muy valioso para el pequeño productor de la zona alto-andina, por el gran potencial para el uso de la fibra de extraordinaria calidad, pero se necesita apoyo en la comercialización para llegar a un uso sustentable. La reciente introducción de alpacas en Ayopaya ha ocasionado un descenso en el número de llamas en aquellas comunidades que cuentan con bofedales, o sea con las condiciones naturales para criar alpacas. Ante la falta de censos actuales y confiables, solo se puede estimar que la población de llamas de Ayopaya está en un nivel

intermedio en la escala de amenaza de extinción. La pérdida de este recurso zoogenético debe prevenirse, también con vistas a las consecuencias del cambio climático: es probable que la llama pueda adaptarse a estos cambios mejor que la alpaca.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los criadores de camélidos del norte de Ayopaya que colaboraron en los estudios desarrollados por el equipo de investigación del Programa Rumiantes Menores; gracias por sus conocimientos y experiencias compartidas, su comprensión, tiempo, apoyo y amistad. Se agradece el apoyo económico de las siguientes instituciones que en algún momento durante los últimos años posibilitaron el trabajo de investigación del Proyecto Llamas: Cooperación sueca ASDI, DAAD (Servicio alemán de intercambio académico), Fundación Eiselen de Ulm, Alemania.

REFERENCIAS

- Alandia, E. (2003). Animal health management in a llama breeding project in Ayopaya, Bolivia. Parasitological survey. Tesis de Maestría, Universidad Hohenheim, Alemania.
- Ansaloni, F.; Pyszny, F.; Marquina, R.; Claros, L.; Claros, G.; Quispe, J.L. & Zapana, J. (2013). Income Analysis in South American Domestic Camelid Farms. *Bio-based and Applied Economics* 2 (2), 173-189.
- Bernal, M. (2005). Manual: manejo de pastos y forrajes. Proyecto: Repoblamiento y estrategias de producción en base al ganado camélido en el departamento de La Paz. CIDEA-KM. 1ª edición. p. 7-11.
- Cáceres, L. (2009). Evaluación sanitaria y formulación de un manejo con estándares de producción ecológica de llamas en la Provincia Ayopaya del Departamento de Cochabamba. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Choque, F. (1988). Determinación de parámetros genéticos en caracteres de producción carne y fibra en llamas. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia.
- Coates, W. & Ayerza, R. (2004). Comparison of llama fiber obtained from two production regions of Argentina. *Journal of Arid Environments* 58, 513-524.
- Cochi, N. (1999). Determinación del rendimiento y calidad de la fibra descordada en llamas (*Lama glama* L.). Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- 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. Tesis doctoral, Universidad Hohenheim, Alemania.
- FAO. (2013). In vivo conservation of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines n°. 14, Rome, Italy.
- Fernández, M. (2005). Rendimiento de fibra en una población de llamas en Ayopaya y su relación con parámetros de calidad. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.

- FIDA, FDC, UNEPCA y CAF. (1999). Censo nacional de Llamas y Alpacas, Bolivia. Ediciones Plural, La Paz, Bolivia.
- Frank, E.; Hick, M.; Lamas, H. & Whebe, V. (1996). A demographic study on commercial characteristics of fleece in Argentine domestic camelids (CAD) flocks. In: Gerken, M. & Renieri, C. (eds.) Proc. of the 2nd European Symposium on South American Camelids 30.8. - 2.9. 1995, Università degli Studi di Camerino. pp. 51-64, Camerino, Italia.
- Frank, E.; Hick, M.; Gauna, C.; Lamas, H.; Renieri, C. & Antonini, M. (2006). Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Rum Res.* 61, 113-129.
- Frank, E.; Hick, M.; Molina, M.G. & Caruso, L.M. (2011). Genetic parameters for fleece weight and fibre attributes in Argentinean llamas reared outside the Altiplano. *Small Rum Res.* 99, 54-60.
- Groeneveld, E. (1998). VCE 4 user's guide and reference manual, version 1.3, Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, Mariensee, Germany, 61 pp.
- Íñiguez, L.; Alem, R.; Wauer, A. & Mueller, J. (1998). Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding llama population from Southern Bolivia. *Small Ruminant Research*, 30, 57-66.
- Kuznar, L.A. (1991). Herd composition in an Aymara community of the Peruvian Altiplano: a linear programming problem. *Human Ecology*, 10 (3), 369-387.
- Maldonado, R. (2008). Evaluación del impacto de estrategias integrales en la producción de llamas comparado con el sistema de manejo tradicional en la cordillera del Tunari, Cochabamba. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Markemann, A.; Stemmer, A. & Valle Zárate, A. (2006). Valoración de las funciones de la crianza de llamas en Bolivia. In: Stemmer, A. (ed.) Memorias VII Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos, 5 al 9 de diciembre de 2006, Cochabamba, Bolivia, 241-243.
- Markemann, A.; Stemmer, A.; Siegmund-Schultze, M.; Piepho, H.-P. & Valle Zárate, A. (2009). Stated preferences of llama keeping functions in Bolivia. *Livestock Science* 124, 119-125.
- Markemann, A. (2010). Functions and selection criteria for a llama population in the Bolivian Andes. Tesis doctoral, Universidad Hohenheim, Alemania.
- Markemann, A. & Valle Zárate, A. (2010). Traditional llama husbandry and breeding management in Ayopaya region, Bolivia. *Trop. Anim. Health Prod.* 42, 79-87.
- Markemann, A.; Zander, K.; Siegmund-Schultze, M.; Stemmer, A.; Roessler, R.; Herold, P. et al. (2010). Towards a Sustainable Breeding Goal for Llamas in Bolivia: WTP Estimates for Selection Traits. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 1-6, 2010. p. 887 Leipzig.
- Martínez, Z.; Íñiguez, L. & Rodríguez, T. (1997). Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. *Small Rum Res.* 24, 203-212.
- Miranda, K.; Fernández, M.; Stanley, H.F.; Rosado, R.; Wheeler, J.C. & Bruford, M. (2000). Análisis genéticos que revelan los ancestros silvestres de la llama y la alpaca. Resúmenes Comparativos del Simposio Internacional Camélidos Sudamericanos Domésticos, Seminario Final del Proyecto SUPREME, Arequipa, Perú. p. 20.
- Nuernberg, M. & Valle Zárate, A. (1999). Evaluation of camelid based farming systems in rural communities in the highland of Bolivia. In: Gerken, M. and Renieri, C. (eds) Proc. 3rd Symposium on South American Camelids, 27-29 May 1999. pp. 27-33, Goettingen, Alemania.
- Nuernberg, M. (2005). Evaluación de sistemas de producción de llamas en comunidades de pequeños productores en los Andes altos de Bolivia (en alemán). Tesis doctoral, Universidad Hohenheim, Alemania.
- Palacios, K. (2009). Epidemiología de las enfermedades ectoparasitarias en llamas de la Provincia Ayopaya, Departamento de Cochabamba. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Parra, G. (1999). Evaluación del potencial productivo de la llama (*Lama glama*), en la Quinta Sección Municipal Charaña. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- PNUD. (2013). Avances en el conocimiento. El impacto del cambio climático en la biodiversidad (Bolivia). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), La Paz, Bolivia. Recuperado 13 de marzo 2014, proviene de: <http://www.cambioclimatico-pnud.org.bo>
- Reynaga, J. (2006). Comparación de los sistemas de manejo tradicional y mejorado en la crianza de llamas en el altiplano central y sur de Bolivia. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Stemmer, A.; Valle-Zárate, A.; Nuernberg, M.; Delgado, J.; Wurzinger, M.; Soelkner, J. et al. (2002). Las llamas de Ayopaya, Cochabamba: caracterización de un recurso genético local y perspectivas de su uso sostenible. En: XIV Reunión Nacional de ABOPA "Forrajes y Producción Animal", 13 al 15 de noviembre 2002. pp. 71-78, Cochabamba, Bolivia.
- Stemmer, A.; Valle-Zárate, A.; Nuernberg, M.; Delgado, J.; Wurzinger, M. & Soelkner, J. (2005). La llama de Ayopaya: Descripción de un recurso genético autóctono. *Arch. Zootec.* 54, 253-259.
- Valdivia, C.; Gilles, J.L. & Turin, C. (2013). Andean pastoral women in a changing world: opportunities and challenges. *Rangelands*, 35 (6), 75-81.
- Valle-Zárate, A. (1999). Livestock biodiversity in the mountains/highlands - opportunities and threats. Symposium on Livestock in Mountain/Highland Production Systems - Research and Development Challenges into the Next Millennium, 7-10 December 1999, Pokhara, Nepal.
- Vaughan, J.L. & Tibary, A. (2006). Reproduction in female South American camelids: A review and clinical observations. *Small Rum Res.* 61, 259-281.
- Wheeler, J.C. (1995). Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biol. J. Linn. Soc.* 54, 271-295.
- Wurzinger, M.; Delgado, J.; Nuernberg, M.; Valle-Zárate, A.; Stemmer, A.; Soelkner, J. et al. (2003). Parámetros genéticos de crecimiento y características de calidad de la fibra de llamas en Ayopaya, Bolivia. En: III Congreso Mundial de Camélidos, 15 al 18 de octubre 2003, Potosí, Bolivia, 303-310.
- Wurzinger, M.; Delgado, J.; Nuernberg, M.; Valle-Zárate, A.; Stemmer, A.; Ugarte, G. et al. (2005). Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. *Livestock Prod. Science* 95, 73-81.
- Wurzinger, M.; Delgado, J.; Nuernberg, M.; Valle-Zárate, A.; Stemmer, A.; Ugarte, G. et al. (2006). Genetic and non-genetic factors influencing fibre quality of Bolivian llamas. *Small Ruminant Research* 61, 131-139.
- Yavi, R. (2012). Evaluación del efecto del corral en la producción de leche de llamas, ganancia de peso y reducción de mortalidad en crías en la Provincia Ayopaya. Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Yavi, R. & Stemmer, A. (2012). Efecto del corral de pernoche en producción de leche y mortalidad en llamas en Ayopaya, Cochabamba. En: Asociación Boliviana de Producción Animal (ABOPA), Memoria, La Paz, 6 al 8 de septiembre de 2012, 163-166.