

Discover  
natural  
fibres  
2009

**45**  
**2009**

ISSN 1014-2339

# **ANIMAL GENETIC RESOURCES INFORMATION**

---

Special issue:  
International Year of Natural Fibres

# **BULLETIN D'INFORMATION SUR LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES ANIMALES**

---

Numéro spécial:  
Année internationale des fibres naturelles

# **BOLETÍN DE INFORMACIÓN SOBRE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES**

---

Número especial:  
Año Internacional de las Fibras Naturales



---

The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

---

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

---

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

---

All rights reserved. Reproduction and dissemination of material in this information product for educational or other non-commercial purposes are authorized without any prior written permission from the copyright holders provided the source is fully acknowledged. Reproduction of material in this information product for resale or other commercial purposes is prohibited without written permission of the copyright holders. Applications for such permission should be addressed to the Chief, Electronic Publishing Policy and Support Branch, Communication Division, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy or by e-mail to [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2009

---

Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce produit d'information peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au Chef de la Sous-division des politiques et de l'appui en matière de publications électroniques, Division de la communication, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie ou, par courrier électronique, à [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2009

---

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Comunicación de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia, o por correo electrónico a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2009

---

**Editors - Editeurs - Editores:**  
**S. Galal, I. Hoffmann & B. Scherf**

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome,  
Italy

*Animal Genetic Resources Information* is published under the auspices of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). It is edited in the Animal Genetic Resources Group of the Animal Production and Health Division of FAO. It is available direct from FAO or through FAO sales agents.

*ANIMAL GENETIC RESOURCES INFORMATION* will be sent free of charge to those concerned with the sustainable development and conservation of domestic livestock. Anyone wishing to receive it regularly should send their name and address to the Editor, at the address shown above.

AGRI can also be found in the "Library" of DAD-IS at [www.fao.org/dad-is](http://www.fao.org/dad-is).

*Le Bulletin d'information sur les ressources génétiques animales* est publié sous les auspices de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Cette publication est éditée par le Groupe des ressources génétiques de la Division de la production et de la santé animales de la FAO. On peut se le procurer directement au siège de la FAO ou auprès des dépositaires et agents de vente des publications de l'Organisation.

LE BULLETIN D'INFORMATION SUR LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES ANIMALES sera envoyé gratuitement aux personnes intéressées par le développement durable et la conservation du cheptel national. Les personnes souhaitant recevoir cette publication régulièrement voudront bien faire parvenir leurs nom et adresse à l'éditeur, à l'adresse susmentionnée.

AGRI peut être consulté également dans la "Bibliothèque" de DAD: [www.fao.org/dad-is](http://www.fao.org/dad-is).

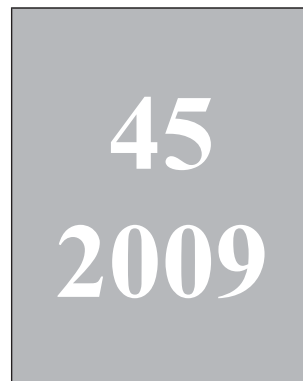
El *Boletín de información sobre recursos genéticos animales* se publica bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Se edita en el Grupo de Recursos Zoogenéticos de la Dirección de Producción y Sanidad Animal de la FAO. Se puede obtener directamente de la FAO o a través de sus agentes de venta.

EL BOLETÍN DE INFORMACIÓN SOBRE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES será enviado gratuitamente a quienes estén interesados en el desarrollo sostenible y la conservación del ganado doméstico. Si se desea recibirlo regularmente, se ruega comunicar nombre, apellido y dirección al editor a la dirección arriba indicada. AGRI puede consultarse también en la "Biblioteca" de DAD-IS en: [www.fao.org/dad-is](http://www.fao.org/dad-is).

## *ANIMAL GENETIC RESOURCES INFORMATION*

### *BULLETIN D'INFORMATION SUR LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES ANIMALES*

### *BOLETÍN DE INFORMACIÓN SOBRE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES*



## **CONTENTS**

## **Page**

<b>Editorial</b> .....	iii
<b>Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica</b> .....	1
<i>E.C. Quispe, T.C. Rodríguez, L.R. Ñiguez y J.P. Mueller</i>	
<b>Cashmere-producing goats in Central Asia and Afghanistan</b> .....	15
<i>C. Kerven, B. McGregor &amp; S. Toigonbaev</i>	
<b>Genetic improvement in the Australasian Merino – management of a diverse gene pool for changing markets</b> .....	29
<i>R.G. Banks &amp; D.J. Brown</i>	
<b>Genetic improvement for alpaca fibre production in the Peruvian Altiplano: the Pacamarca experience</b> .....	37
<i>R. Morante, F. Goyache, A. Burgos, I. Cervantes, M.A. Pérez-Cabal &amp; J.P. Gutiérrez</i>	
<b>Definición de razas en llamas y alpacas</b> .....	45
<i>C. Renieri, E.N. Frank, A.Y. Rosati y M. Antonini</i>	
<b>Razas locales y fibras caprinas, bases para un desarrollo rural del norte de la Patagonia Argentina</b> .....	55
<i>M.R. Lanari, M. Pérez Centeno, J. Arrigo, S. Debenedetti y M. Abad</i>	
<b>Conservation of the Alpines Steinschaf</b> .....	61
<i>C. Mendel, A. Feldmann &amp; N. Ketterle</i>	
<b>Papel de las pastoras Tzotziles en la conservación de la diversidad del ganado lanar de Chiapas</b> .....	65
<i>R. Perezgrovas-Garza</i>	
<b>Estudio demográfico de los atributos morfológicos y productivos en poblaciones de llamas (<i>Lama glama</i>) de la provincia de Jujuy, Argentina</b> .....	71
<i>M.V.H. Hick, H.E. Lamas, J. Echenique, A. Prieto, M.F. Castillo y E.N. Frank</i>	
<b>Variabilidad del color de la fibra de alpaca en la zona altoandina de Huancavelica-Perú</b> .....	79
<i>I. Oria, I. Quicaño, E. Quispe &amp; L. Alfonso</i>	
<b>Utilisation of Garole sheep wool: a step towards the alleviation of poverty</b> .....	85
<i>S. Banerjee</i>	
<b>The Pecora Nera di Arbus: a new sheep breed in Sardinia Italy</b> .....	91
<i>M. Piras, S. Casu, S. Salaris, M.G. Usai &amp; A. Carta</i>	
<b>Leicester Longwool sheep in the United States: saving an international rarity</b> .....	93
<i>D.P. Sponenberg, J. Henry, K. Smith-Anderson &amp; E. Shirley</i>	
<b>Navajo-Churro sheep and wool in the United States</b> .....	99
<i>D.P. Sponenberg &amp; C. Taylor</i>	
<b>Chromosomal segments underlying quantitative trait loci for mohair production in Angora goats</b> .....	107
<i>E.M. Cano, S. Debenedetti, M. Abad, D. Allain, H.R. Taddeo &amp; M.A. Poli</i>	
<b>Genetic variation of the reference population for quantitative trait loci research in South African Angora goats</b> .....	113
<i>C. Visser &amp; E. van Marle-Koster</i>	
<b>Editorial policies and procedures</b> .....	121

## Editorial Advisory Board of Animal Genetic Information (AGRI)

Editor-in-Chief: **I. Hoffmann**, Chief Animal Production Service, FAO  
Editor: **S. Galal; B. Scherf**  
Editorial Board: **L. Alderson**  
**J.S. Barker**  
**J. Boyazoglu**  
**J.V. Delgado Bermejo**  
**J.F. Garcia**  
**H. Jianlin**  
**J. Mueller**  
**O. Mwai**  
**C. Nimbkar**  
**D. Notter**  
**L. Ollivier**  
**E. vanMarle-Koster**

The following is the address for each of the members of the Editorial Advisory Board.

**Irene Hoffmann**, FAO, Viale delle Terme di Caracalla 1, 00153 Rome, Italy

irene.hoffmann@fao.org

**Salah Galal**, Animal Production Department, Faculty of Agriculture, University of Ain Shams, P.O. Box 68, Hadaeq Shubra 11241, Cairo, Egypt

sgalal@tedata.net.eg

**Beate Scherf**, FAO, Viale delle Terme di Caracalla 1, 00153 Rome, Italy

beate.scherf@fao.org

**Lawrence Alderson**, Countrywide Livestock Ltd, 6 Harnage, SY5 6EJ Shrewsbury, Shropshire, UK

lawrence@clltd.demon.co.uk

**Stuart Barker**, Emeritus Professor University of New England; Honorary Professor University of Queensland, 114 Cooke Road, Witta, Maleny, Qld 4552, Australia

sbarker@une.edu.au

**Jean Boyazoglu**, 51 Porte de France, 06500, Menton (PACA), France

jean.boyazoglu@wanadoo.fr

**Juan Vicente Delgado Bermejo**, Departamento de Genética, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Edificio C-5 (Gregor Mendel), 14071 Córdoba, Spain

id1debej@lucano.uco.es

**Jose Fernando Garcia**, Universidade Estadual Paulista, Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular Animal, Rua Clóvis Pestana, Aracatuba, Brazil

jfgarcia@terra.com.br

**Han Jianlin**, Institute of Animal Science (IAS), Chinese Academy of Agricultural Sciences, No. 2, Yuan Ming, Yuan Xi Lu, Haidian District, Beijing 1000193, P.R. China

h.jianlin@cgiar.org

**Joaquin Mueller**, National Institute of Agricultural Technology (INTA), CC 277, Valle Verde, San Carlos de Bariloche, 8400 Rio Negro, Argentina

jmueller@bariloche.inta.gov.ar

**Okeyo Mwai**, International Livestock Research Institute (ILRI), P.O. Box 30709 Nairobi 00100, Kenya

o.mwai@cgiar.org

**Chanda Nimbkar**, Animal Husbandry Division, Nimbkar Agricultural Research Institute, P.O. Box 23, Phaltan, Maharashtra, India  
chanda.nimbkar@gmail.com

**David Notter**, Department of Animal and Poultry Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061, USA

drnotter@vt.edu

**Louis Ollivier**, 8 Impasse Calmette, 78350 Jouy-en-Josas, France

louis.ollivier@free.fr

**Este vanMarle-Koster**, Department of Animal & Wildlife Sciences, Faculty of Natural & Agricultural, Sciences, University of Pretoria, 0002 Pretoria, South Africa

este.vanmarle-koster@up.ac.za

# Editorial

## The International Year of Natural Fibres

This year has been declared the 'International Year of Natural Fibres'. It is estimated that 35 million tonnes of natural plant and animal fibres are produced annually. Natural fibres contribute to the livelihoods of hundreds of millions of people around the globe. The range of fibre-providing animal species extends from rabbits to old- and new-world camelids. Producers range from Bedouins roaming the deserts and gatherers who capture animals from the wild, harvest their wool and then set them free, to sedentary livestock keepers in nearly all parts of the world.

Most fibre-producing livestock are kept in extensive, often dry, agro-ecosystems where their ability to convert plants inedible to humans into useful products makes them one of the few livelihood options available. While in some countries, such as Uruguay and Lesotho, wool has been the most important product of the sheep sector, fibre is very often a by-product of meat or milk production. The added value obtained from fibre production is a crucial livelihood component for pastoral and smallholder livestock keepers in many of the world's marginal production systems.

Over the past half-century, natural fibres have been displaced from our clothing, household furnishings, industries and agriculture by human-made fibres. The success of synthetics is mainly a consequence of their relatively lower price, as labour costs for harvesting fibre from animals have generally increased over time. The downturn in the animal-fibre market has greatly affected the primary producer and the industry; for example, the sheep population of

Australia, a prime wool-producing country, declined from a peak of 180 million in the mid-1980s to approximately 75 million in 2009.

Animal-fibre products are, however, still products of choice. Animal fibres are a healthy choice as they provide good ventilation and insulation – Bedouins wear thin woollen material to protect them from heat and sun. They are a socially responsible choice because they provide a livelihood for millions of people, especially in developing countries. Animal fibres are an environmentally sustainable choice because they are carbon neutral, recyclable and 100% biodegradable. They are also fashionable, particularly in the emerging 'green' economy with its demand for eco-friendly products. In addition to garments and household goods, wool is used to produce thermal and acoustic insulation for construction and pads for soaking up oil spills.

To contribute to the International Year of Natural Fibres, *AGRI* is publishing this special issue to highlight the importance of these valuable animal products. We had an excellent response to our call for manuscripts – from all continents and on a range of species and products. Manuscripts submitted for consideration for publication dealt not only with technical aspects but also with the social aspects of fibre production and niche marketing of fibre products to promote and sustain breeds that would otherwise be at risk.

A word of thanks is due to Drs Hassanein Elgabbas, Usama Elsaied and Wagdy Mekki who assisted the Editorial Advisory Board in reviewing the manuscripts.

## Editorial

### L'Année internationale des fibres naturelles

L'année 2009 a été proclamée «Année internationale des fibres naturelles». On estime à 35 millions de tonnes la production annuelle de fibres naturelles végétales et animales. Les fibres naturelles contribuent aux moyens d'existence de centaines de millions de personnes partout dans le monde. L'éventail d'espèces animales produisant des fibres s'étend des lapins aux camélidés de l'Ancien et du Nouveau monde. Les producteurs varient entre les Bédouins qui parcourent le désert, les cueilleurs qui capturent les animaux dans la nature, collectent la laine et les laissent ensuite libres, et les éleveurs sédentaires dans presque toutes les régions de la planète.

La plupart des animaux d'élevage produisant des fibres sont élevés dans des écosystèmes agricoles extensifs, souvent arides où, grâce à leur capacité de transformer les plants non comestibles pour l'homme en des produits utiles, ils représentent une des rares options disponibles en matière de moyens d'existence. Si dans certains pays, comme l'Uruguay et le Lesotho, la laine est le produit le plus important du secteur des ovins, la fibre est souvent un sous-produit de la production de viande ou de lait. La valeur ajoutée obtenue de la production des fibres est une composante cruciale des moyens d'existence des pasteurs et des petits éleveurs dans de nombreux systèmes de production marginale de la planète.

Au cours des 50 dernières années, les fibres naturelles ont été remplacées dans nos vêtements, dans le mobilier familial, dans les industries et dans l'agriculture par les fibres fabriquées par l'homme. Le succès des fibres synthétiques est principalement une conséquence de leur prix relativement plus faible, car les coûts de main-d'œuvre associés à la collecte des fibres des animaux ont généralement augmenté dans le temps. Le déclin du marché des fibres animales a considérablement affecté le producteur primaire et l'industrie; par exemple, le cheptel

ovin de l'Australie, un des principaux pays producteurs de laine, est passé d'un maximum de 180 millions d'animaux au milieu des années 80 à environ 75 millions en 2009.

Les produits des fibres animales sont toutefois encore des produits de choix. Les fibres animales sont un choix excellent car elles assurent une bonne ventilation et une bonne isolation – les Bédouins portent des vêtements en laine légère pour se protéger de la chaleur et du soleil. Elles sont un choix socialement responsable car elles représentent les moyens d'existence pour des millions de personnes, surtout dans les pays en développement. Elles sont un choix écologiquement durable car elles sont à bilan carbone neutre, recyclables et biodégradables à 100 pour cent. Elles sont également à la mode, surtout dans le cadre de l'économie «verte» émergente qui demande des produits respectueux de l'environnement. La laine est utilisée, outre que pour les vêtements et les biens d'équipement ménagers, pour produire l'isolation thermique et acoustique dans la construction et les tampons pour absorber les marées noires.

En tant que contribution à l'«Année internationale des fibres naturelles», AGRI publie ce numéro spécial pour souligner l'importance de ces produits précieux d'origine animale. Nous avons eu une réponse excellente à notre demande d'articles – de tous les continents et sur une vaste gamme d'espèces et de produits. Les manuscrits soumis à l'examen pour la publication n'abordaient pas seulement les aspects techniques, mais également les aspects sociaux de la production des fibres et du créneau commercial spécialisé des produits de fibres, en vue de promouvoir et de maintenir les races qui seraient autrement en danger.

Des remerciements particuliers sont adressés aux docteurs Hassanein Elgabbas, Usama Elsaied et Wagdy Mekkawy qui ont participé à la révision des manuscrits avec le Conseil consultatif de rédaction.

# Editorial

## Año Internacional de las Fibras Naturales

El año 2009 ha sido declarado el “Año Internacional de las Fibras Naturales”. Se calcula que anualmente se producen 35 millones de toneladas de fibras naturales procedentes de plantas y animales. Las fibras naturales contribuyen al sustento de cientos de millones de personas en todo el mundo. El tipo de animales que proporcionan estas fibras va desde especies como el conejo a otras como los camélidos del viejo y nuevo mundo. El espectro de productores incluye desde Beduinos que recorren desiertos, y captores de animales de su hábitat natural, con el propósito de obtener su lana y posteriormente liberarlos, hasta propietarios de ganado sedentarios en prácticamente todas las partes del mundo.

La mayor parte del ganado que produce este tipo de fibras se cría de forma extensiva, a menudo en secos ecosistemas agrícolas, donde su capacidad para transformar plantas no comestibles para el ser humano en productos útiles hace que sea una de las pocas opciones medios de vida disponibles. Aunque en algunos países como Uruguay o Lesoto la lana ha sido el producto más importante del sector ovino, esta fibra es a menudo un subproducto de la producción de carne y de leche. El valor añadido obtenido de la producción de fibra es un componente esencial para el sustento de pastores y de propietarios minifundistas de ganado en muchos de los marginales sistemas de producción del mundo.

A lo largo de la mitad del siglo pasado, las fibras naturales han sido sustituidas de nuestras prendas de vestir, mobiliario doméstico, industria y agricultura por fibras fabricadas por el hombre. El éxito de las fibras sintéticas se debe principalmente a que su precio es relativamente más bajo, dado que el coste de obtención de las fibras de origen animal ha aumentado a lo largo del tiempo. El descenso del comercio de las fibras animales ha afectado enormemente al productor primario y a la industria; por ejemplo, la población ovina en Australia, un país productor de lana

de primera, descendió de 180 millones de cabezas a mitad de los años ochenta a 75 millones en 2009.

Sin embargo, los productos fabricados a partir de fibras animales siguen siendo considerados productos de primera. Las fibras animales representan una saludable elección, dado que proporcionan una buena ventilación y aislamiento – los Beduinos usan finas prendas de vestir confeccionadas con lana para protegerse del calor y del sol. Socialmente son el producto de elección responsable, dado que proporcionan sustento a millones de personas, especialmente en los países en desarrollo. Asimismo, representan una opción medioambientalmente sostenible porque no producen emisiones de CO<sub>2</sub>, son reciclables y 100% biodegradables. De igual modo, forman parte de la moda, especialmente en las economías “ecológicamente responsables”, donde existe una mayor demanda de productos que no dañen el medio ambiente. Además, para prendas de ropa y para utensilios domésticos, la lana es usada para proporcionar aislamiento térmico y acústico en la construcción, y aislamiento para la absorción en los vertidos de petróleo.

Para contribuir al “Año Internacional de las Fibras Naturales”, AGRI publica este número especial con el propósito de destacar la importancia de estos valiosos productos de origen animal. Ha habido una excelente respuesta a nuestra solicitud de trabajos – desde todos los continentes y para una amplia gama de especies y productos.

Los trabajos remitidos para su estudio con objeto de ser publicados, no sólo han abordado aspectos técnicos, sino también sociales, tanto en la producción de fibras como en los nichos de mercado de productos elaborados con este tipo de fibras, en aras de promover y mantener razas que, de lo contrario, estarían amenazadas.

Asimismo, nos gustaría agradecer a los Dres. Hassanein Elgabbas, Usama Elsaied y Wagdy Mekkawy su ayuda a la Junta Consultiva Editorial en la revisión de trabajos.





# Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica

E.C. Quispe<sup>1</sup>, T.C. Rodríguez<sup>2</sup>, L.R. Iñiguez<sup>3</sup> y J.P. Mueller<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú; <sup>2</sup>Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia; <sup>3</sup>Cochabamba, Bolivia; <sup>4</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Bariloche, Argentina

## Resumen

Más de un millón de pequeños productores de los Andes centrales de Sudamérica tienen alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama glama*) como principal medio de subsistencia. Los animales proveen carne, leche, fibra, energía de transporte y guano y, además, son un elemento importante de la identidad cultural de sus pueblos. Con 3,9 millones de llamas y 3,3 millones de alpacas la producción total de fibras de camélidos en la región supera los 5 millones de kg anuales. Cerca del 30% de la producción de fibra se transforma y es usada a nivel de predio o comunidad. Alrededor del 80% de la alpaca comercializada es de color blanco y el 12% tiene diámetros de fibra menores de 23 micrones. Las fibras de llama son de menor valor y más variables en colores y diámetros que las fibras de alpaca. Ambas especies tienen dos razas, cada una con características de calidad de fibra y adaptación específica. También existen en Sudamérica dos especies de camélidos silvestres, el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*). Ambas tienen vellones de valiosa fibra *down*. Poblaciones específicas de estos camélidos califican para ser capturadas, esquiladas y liberadas generando un ingreso adicional a las comunidades en que viven. El aumento de la producción de fibras y demás productos de los camélidos sudamericanos, a la vez de preservar un recurso genético animal crítico y los valores culturales asociados y mejorar la calidad de vida de muchos pequeños productores, debe ser parte de una estrategia global de inversión sostenida en investigación y desarrollo apropiados.

**Palabras clave:** alpaca, llama, vicuña, guanaco

## Summary

More than one million smallholders in the Andean region of central South America exploit alpacas (*Vicugna pacos*) and llamas (*Lama glama*) as their main means of subsistence. Alpacas and llamas provide meat, milk, fibre, power and guano; in addition it is an important element of the cultural identity of their producers. With 3.9 million llamas and 3.3 million alpacas the total annual fibre production in the region exceeds 5 million kg. Nearly 30% of the fibre production is transformed on-farm or at the community level. About 80% of the marketed alpaca fibre is white and 12% is finer than 23 microns. Lama fibres have less value and are more variable in colours and fibre diameter than alpaca fibres. Both species of camelids have two breeds, each one with specific adaptation and fibre quality characteristics. Two wild species of camelids exist in South America: the guanaco (*Lama guanicoe*) and the vicuna (*Vicugna vicugna*). Both have fleeces with precious down fibres. Specific populations of these camelids are qualified to be captured, sheared and released, providing an additional income to the communities in which they live. Due to support to improve the production of fibre and other products of South American camelids, while preserving a valuable animal genetic resource, the cultural values of the associated production systems, and improving the livelihoods of resource-poor smallholders should be part of a global strategy involving a sustained investment in appropriate R&D.

**Keywords:** alpaca, llama, vicuña, guanaco

## Résumé

Plus d'un million de petits exploitants de la région des Andes centrales en Amérique du Sud utilisent les alpagas (*Vicugna pacos*) et les llamas (*Lama glama*) en tant que moyen principal de subsistance. Les alpagas et les llamas fournissent de la viande, du lait, des fibres, de l'énergie et du guano; de surcroît, ils représentent un élément important de l'identité culturelle de leurs producteurs. Avec 3,9 millions de llamas et 3,3 millions d'alpagas, la production annuelle totale de fibres de la région dépasse 5 millions de kilogrammes. Presque 30% de la production de fibres est traitée au niveau de l'exploitation ou de la communauté. Environ 80% de la fibre d'alpaga commercialisée est blanche et 12% mesure moins que 23 microns. Les fibres de lama ont moins de valeur et sont plus variables, pour ce qui est des couleurs et du diamètre, que les fibres d'alpaga. Les deux espèces de camélidés ont deux races dont chacune présente des caractéristiques spécifiques d'adaptation et de qualité des fibres. En Amérique du Sud, on trouve deux espèces sauvages de camélidés: le guanaco (*Lama guanicoe*) et la vigogne (*Vicugna vicugna*) qui ont des toisons avec des fibres précieuses de duvet. Certaines populations spécifiques de ces camélidés sont qualifiées pour la capture, la tonte et la remise en liberté, ce qui fournit un revenu supplémentaire aux communautés où elles vivent. Le soutien pour améliorer la production de fibres et d'autres produits des camélidés de l'Amérique du Sud, tout en préservant une ressource zoogénétique précieuse, les valeurs culturelles des systèmes de production y associés et en améliorant les moyens d'existence des petits exploitants pauvres en ressources, devrait faire partie d'une stratégie globale impliquant un investissement soutenu en R&D appropriés.

**Mots-clés:** alpaga, lama, vigogne, guanaco

---

Presentado: 30 Julio 2009; aceptado: 13 Octubre 2009

## Introducción

Los camélidos modernos derivan de especies prehistóricas originadas en Norteamérica que desaparecieron de esa región hacen más de 11 millones de años. Antes de su desaparición algunos camélidos ancestrales migraron hacia el sur del continente para evolucionar en los camélidos sudamericanos actuales que incluyen dos especies domésticas: llama (*Lama glama*) y alpaca (*Vicugna pacos*) y dos especies silvestres: guanaco (*Lama guanicoe*) y vicuña (*Vicugna vicugna*). Estudios de ADN mitocondrial sugieren que la vicuña y el guanaco fueron los antecesores de las alpacas y las llamas, respectivamente, en un proceso de domesticación que se inició en los Andes Centrales de Sudamérica hace 6000 años (Kadwell *et al.*, 2001, Gentry *et al.*, 2004, Marin *et al.*, 2007). El uso textil de las fibras se inicia con la Cultura Huaca Prieta de hace 2500 años (Wheeler, 2004, Wheeler *et al.*, 1995), tiene un desarrollo evidente en la Cultura Paracas y posteriormente alcanza niveles de excelencia en la Cultura Mochica (Wing, 1977). En la actualidad los productos de los camélidos domésticos constituyen el principal medio de sustento para muchos productores de escasos recursos en los países andinos centrales de Sudamérica incluyendo Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile. El aprovechamiento de las fibras producidas por los camélidos silvestres es todavía limitado pero potencialmente importante.

## Distribución de los camélidos sudamericanos

Las alpacas, llamas y vicuñas habitan la zona alto-andina, por encima de 3000 msnm, del Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Estos ambientes incluyen mesetas (altiplano) y laderas cordilleranas con alta incidencia de heladas y precaria disponibilidad de agua. Los guanacos habitan predominantemente zonas más bajas y desérticas, como la Patagonia argentina y chilena. Las alpacas y llamas también fueron llevadas a otros países, donde son criadas en condiciones más favorables que las de su ambiente de origen, para servir como mascotas o producir fibra; por ejemplo en los Estados Unidos (120.000 ejemplares),

Australia (100.000 ejemplares), Canadá, Nueva Zelanda y países europeos (Lupton *et al.*, 2006).

La Tabla 1 resume la información sobre población y distribución de los camélidos sudamericanos. Los datos disponibles, que posiblemente son subestimados, contabilizan aproximadamente 4 millones de llamas y 3,5 millones de alpacas. Perú es el país con el mayor número de camélidos, aproximadamente 5 millones de animales, además de ser el país que más alpacas y vicuñas alberga. Bolivia tiene la mayoría de las llamas y Argentina la mayoría de los guanacos.

## Importancia de los camélidos sudamericanos

Los camélidos sudamericanos domésticos, a veces en asociación con ovinos, constituyen el principal medio de utilización productiva de extensas áreas de pastos naturales en las zonas alto-andinas donde no es posible la agricultura y la crianza exitosa de otras especies de animales domésticos. Los camélidos convierten con eficiencia la vegetación nativa de estos ambientes en carne y fibras de alta calidad, además sus pieles y cueros tienen múltiples usos industriales y artesanales. El estiércol es otro subproducto valioso que se usa como combustible para la cocción de los alimentos y fertilizante para los cultivos. La llama cumple además una importante función de transporte (Iñiguez y Alem, 1996).

De Los Ríos (2006) estima que al menos un millón y medio de personas se dedican a la crianza de camélidos en la región alto-andina del Perú. Las áreas productoras de camélidos en el Perú incluyen las provincias con mayor pobreza y marginalización. En Bolivia, y con base en las estimaciones del INE Bolivia (2009) y UNEPCA (1999) es posible estimar que la producción de llamas beneficia a 37.000–50.000 familias de productores de escasos recursos. Sin embargo, esta producción aun no representa una vía directa para reducir la pobreza y la marginalización de sus productores, no obstante la demanda incrementada por los productos de esta especie. Lo anterior refleja un contexto de producción complejo,

**Tabla 1.** Población de camélidos en Sudamérica.

Camélido	Perú	Bolivia	Argentina	Chile
Alpaca	3.041.598 <sup>(1)</sup>	269.285 <sup>(2)</sup>	pocos	28.551 <sup>(6)</sup>
Llama	1.462.730 <sup>(1)</sup>	2.237.170 <sup>(2)</sup>	161.402 <sup>(3)</sup>	50.132 <sup>(6)</sup>
Vicuña	147.000 <sup>(1)</sup>	12.047 <sup>(8)</sup>	131.220 <sup>(4)</sup>	27.921 <sup>(7)</sup>
Guanaco	pocos	pocos	636.477 <sup>(4,5)</sup>	27.150 <sup>(7)</sup>

### Referencias:

<sup>(1)</sup><http://www.minag.gob.pe/pecuaria/>

<sup>(2)</sup>INE Bolivia (2009), Censo 2007.

<sup>(3)</sup>INDEC (2002), Censo 2002.

<sup>(4)</sup>CNVG (2007), Censo 2006.

<sup>(5)</sup>Amaya *et al.* (2001), Censo 2000.

<sup>(6)</sup>INE Chile (2009), Censo 2007.

<sup>(7)</sup>Parraguez *et al.* (2004).

<sup>(8)</sup>UNEPCA (1999).

**Tabla 2.** Productores de fibras de camélidos en Sudamérica.

Fibra	Perú	Bolivia	Argentina	Chile
Alpaca	789.775 <sup>(1)</sup>	13.603 <sup>(4)</sup>	s/d	916 <sup>(5)</sup>
Llama	297.414 <sup>(1)</sup>	37.000–50.000 <sup>(4)</sup>	2.803 <sup>(2)</sup>	1.388 <sup>(5)</sup>
Vicuña*	250 <sup>(3)</sup>	s/d	22 <sup>(3)</sup>	s/d
Guanaco*	s/d	s/d	15 <sup>(3)</sup>	s/d

Para camélidos silvestres la cifra representa unidades de manejo es decir: productores de criaderos de vicuña en cautividad y comunidades involucradas en *chakus*.

Referencias:

<sup>(1)</sup>INIA (2006), Censo 2001.

<sup>(2)</sup>INDEC (2002), Censo 2002.

<sup>(3)</sup>Estimaciones propias, 2009.

<sup>(4)</sup>Estimaciones propias en base a INE Bolivia (2009), Censo 2007 y UNEPCA (1999).

<sup>(5)</sup>INE Chile (2009), Censo 2007.

s/d sin datos.

afectado por la limitada disponibilidad y el uso no conservativo de los recursos naturales que determinan baja productividad de los rebaños, pequeñas escalas de producción y una débil integración de las cadenas productivas con las del mercado (UNEPCA, 1997). Las poblaciones alto-andinas de Argentina y Chile no escapan a las características observadas en Perú y Bolivia, aunque por la menor cantidad de animales y productores el impacto de su producción en las economías nacionales es también menor.

Los camélidos silvestres en los países andinos se encuentran protegidos por diversas leyes y normas nacionales e internacionales por lo que su aprovechamiento comercial es limitado, puntual y sujeto a un estricto control legal. En general los camélidos silvestres son propiedad del Estado. Por ello no es posible contabilizar un número de “productores” de estos camélidos silvestres sino más bien unidades de aprovechamiento o de manejo. A estos se suman algunos pocos criaderos de vicuñas y guanacos en cautividad donde los animales sí son propiedad de productores individuales. La Tabla 2 resume estadísticas publicadas sobre el número de productores de camélidos en Sudamérica.

En la Tabla 3 se consignan cantidades de cada fibra producidas en los principales países productores. Se observa que la alpaca es la especie productora de fibra por excelencia. Aun con una población menor a la de llamas, la producción de fibra de alpaca es considerablemente

mayor a la de llama. De todos modos la importancia económica de cada especie de camélidos reside en el conjunto de productos y servicios que le presta al productor. En ese sentido las llamas aportan incluso más que las alpacas. Otro aspecto a tener en cuenta aparte de la cantidad producida es el valor agregado que alcanza la fibra a nivel del productor, comunidad, industria o país. En ese aspecto las fibras de camélidos suelen alcanzar valores altos en los productos finales pero la participación del productor en ese valor suele ser pequeña.

## Alpacas

Se asume que la especialización para la producción de fibra de las alpacas deriva de un proceso de selección practicado desde épocas precolombinas (Wang *et al.*, 2003). Existen dos razas de alpacas, la Huacaya y la Suri (Figura 1). La alpaca Huacaya se caracteriza por tener un vellón compacto, esponjoso y similar al vellón del ovino Corriedale que le confiere una apariencia más voluminosa, con fibras finas suaves y onduladas. La alpaca Suri presenta fibras de gran longitud organizadas en rizos colgantes, de un modo similar a los rizos del ovino Lincoln, lo cual confiere al animal una apariencia angulosa (Hoffman y Fowler, 1995; Antonini *et al.*, 2004 y FAO, 2005). La alpaca Huacaya representa 85% de la población de alpacas en el Perú.

**Tabla 3.** Producción de fibras de camélidos en Sudamérica.

Fibra	Perú	Bolivia	Argentina	Chile
Alpaca	3.399 ton <sup>(1)</sup>	365 ton <sup>(3)</sup>	s/d	s/d
Llama	760 ton <sup>(1)</sup>	433 ton <sup>(3)</sup>	70 ton <sup>(2)</sup>	s/d
Vicuña	5.500 kg <sup>(2)</sup>	s/d	377 kg <sup>(2)</sup>	s/d
Guanaco	s/d	s/d	1.500 kg <sup>(2)</sup>	s/d

Referencias:

<sup>(1)</sup>INIA (2006), Censo 2002.

<sup>(2)</sup>Estimaciones propias, 2009.

<sup>(3)</sup>PRORECA (2003.)

s/d sin datos.



**Figura 1.** Alpaca de raza Suri en Puno, Perú.

### Sistemas de producción de alpaca

Los sistemas de cría de la alpaca en el Perú son en su mayoría comunitarios, con productores de escasos recursos. Estos sistemas son extensivos, con base en la explotación de campos nativos de pastoreo y rebaños mixtos que generalmente incluyen ovinos y que pueden también incluir llamas. Los sistemas de manejo son tradicionales con limitada adopción de tecnologías conducentes a una mejora de la productividad, por tanto los rendimientos por animal y rebaño aun son bajos (Quispe, 2005 y Gobierno Regional de Huancavelica, 2006).

Las esquilas se realizan con tijeras manuales, mecánicas o con otros implementos más rudimentarios. La esquila en el Perú se la realiza en noviembre, cuando la oferta forrajera incrementa con un concomitante incremento en la condición alimenticia del rebaño. A partir de mayo la oferta forrajera declina rápidamente con el consiguiente deterioro de la alimentación de los rebaños. Estos cambios en el nivel de alimentación están correlacionados positivamente con el diámetro de las fibras, el cual es mayor en el período de abundancia forrajera y menor en el período de baja disponibilidad (Quispe *et al.*, 2008b).

### Características de la fibra de alpaca

La industria textil refiere a las fibras de alpaca como fibras especiales y los artículos confeccionados con ellas, están clasificados como artículos de lujo (Wang *et al.*, 2003). Como todas las fibras especiales, las fibras de alpaca son flexibles y suaves al tacto, poco inflamables, de bajo afeitamiento y poco alergénicas. Además, los tejidos de estas fibras son proclives a la confección de vestidos con excelentes pliegues, apariencia, caída y lustrosidad, que en su conjunto confieren la apariencia de ser nuevos no obstante el tiempo que puedan haber sido usados. En este contexto los tejidos elaborados con alpaca son comparables a los elaborados con lana ovina pero con un diámetro promedio 3 a 4 micras menor (Inka-Alpaca, 2009). Contrastando con

los vellones de ovinos, los rendimientos en limpio de los vellones de alpaca son altos (87% a 95%), lo cual permite un procesamiento industrial menos oneroso. El procesamiento de tejidos varía desde tweeds gruesos a gabardinas finas, las cuales no se rompen, deshilachan, manchan o producen estática.

Las fibras de alpaca y vicuña comparten características de suavidad (Xing *et al.*, 2004) y exhiben alta resistencia a la tracción (con valores mayores a 40 N/ktex), una condición importante en el proceso industrial (Xungai *et al.*, 2003). La capacidad de estas fibras de absorber humedad ambiental es baja (máximo 10 a 15%) y por ello no afecta su aspecto. También estas fibras permiten mantener la temperatura corporal debido a contener “bolsillos” microscópicos de aire en la medula que posibilitan que los artículos confeccionados con alpaca puedan ser usados en un amplio rango de climas (Schmid *et al.*, 2006).

Se considera que la calidad de los vellones de alpaca del Perú se ha deteriorado en lugar de haber mejorado, principalmente en lo referente a finura (De Los Ríos, 2006) y peso de vellón. Así por ejemplo los vellones producidos en los sistemas comunitarios de cría tradicional son de bajo peso y mala calidad. En estas condiciones de cría, la producción promedio bianual por animal es de 2,1 kg, mientras que en condiciones medianamente tecnificadas es posible una producción anual de 2,3 kg (Jáuregui y Bonilla, 1991; Nieto y Alejos, 1999). Muchos de los vellones son canosos, pintados y canosos-pintados, y en muchos vellones se encuentra gran heterogeneidad en la estructura, pues muchas fibras que lo conforman son de tipo medulada de forma continua o discontinua, lo cual desmerece la calidad del vellón.

No obstante esta consideración, es también posible encontrar rebaños con buena calidad de fibra. En estudios independientes en la región de Huancavelica, Perú, Quispe *et al.* (2008a) y Montes *et al.* (2008) obtuvieron diámetros de fibra entre  $21,6 \pm 0,1 \mu\text{m}$  y  $22,7 \pm 0,2 \mu\text{m}$ . En Huancavelica Quispe *et al.* (2008) registraron un peso promedio anual de vellón sucio de  $2,3 \pm 0,04 \text{ kg}$ , mayor al reportado por Jáuregui y Bonilla (1991), Castellano *et al.* (1998), Wuliji *et al.* (2000), León-Velarde y Guerrero (2001) y Brenes *et al.* (2001); similar a lo encontrado por Condorena (1985), Bryant *et al.* (1989), Nieto y Alejos (1999) y De Los Ríos (2006), aunque los diámetros de fibra resultaron ser menores a los diámetros reportados por Ponzoni *et al.* (1999), Ponzoni (2000), McGregor (2002) y McGregor (2006) en otros países. Estas diferencias pueden deberse a diferencias en el nivel de alimentación (Bryant *et al.*, 1989; McGregor, 2002) ó a otros factores.

El peso de vellón y la finura dependen también del sexo y de la edad del animal. Los machos producen más fibra que las hembras y el peso de vellón aumenta con la edad (Castellano *et al.*, 1998; Wuliji *et al.*, 2000; McGregor, 2006; Lupton *et al.*, 2006 y Quispe *et al.*, 2008a). El diámetro de las fibras aumenta hasta aproximadamente

los 4 años de vida para luego declinar (Wuliji *et al.*, 2000; Lupton *et al.*, 2006; McGregor y Butler, 2004 y Quispe *et al.*, 2008a). Las hembras producen vellones con menor proporción de fibras meduladas y menor diámetro promedio de fibras que los machos (Lupton *et al.*, 2006; Quispe *et al.*, 2008 y Montes *et al.*, 2008). Es posible que estas diferencias en finura se deban a que simplemente las hembras en su ciclo productivo-reproductivo deben enfrentar mayores demandas nutricionales que los machos. Los porcentajes de fibras meduladas encontrados por Quispe *et al.* (2008a) son menores a los reportados en otros estudios (Ponzoni *et al.*, 1999; Wuliji *et al.*, 2000; Marti *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2003 y Wang *et al.*, 2005).

### Comercialización y transformación de la fibra de alpaca

A los fines de la comercialización, las fibras de alpaca producidas en el Perú son clasificadas según la Norma Técnica Peruana (2004) Nro 231.301, en función a finura y longitud promedio mínima en seis calidades: i) Alpaca Baby (23  $\mu\text{m}$  y 65 mm), ii) Alpaca Fleece (23,1 a 26,5  $\mu\text{m}$  y 70 mm), iii) Alpaca Medium Fleece (26,6 a 29  $\mu\text{m}$  y 70 mm), iv) Alpaca Huarizo (29,1 a 31,5  $\mu\text{m}$  y 70 mm), v) Alpaca Gruesa (>31,5  $\mu\text{m}$  y 70 mm) y vi) Alpaca corta (fibras cortas entre 20 y 50 mm). Los nombres de estas calidades no reflejan necesariamente edades de los animales u otras características fenotípicas. La calidad Alpaca Baby, por ejemplo, se refiere a productos (tops, hilados, telas, etc.) que tienen en promedio fibras menores a 23  $\mu\text{m}$ ; sin embargo la fibra utilizada para lograr esta calidad puede provenir de animales menores a un año ó de animales adultos con fibra extra fina.

De Los Ríos (2006) al clasificar el tipo de fibra producido en el Perú indica que el 20% de la producción deriva de Alpaca Huarizo (fibra gruesa, >29  $\mu\text{m}$ ), 46% de Alpaca Medium Fleece (fibra semifina, 26,6 a 29  $\mu\text{m}$ ), 22% de Alpaca Fleece (fibra fina, 23,1 a 26,5  $\mu\text{m}$ ) y 12% de Alpaca Baby (fibra extra fina, <23,1  $\mu\text{m}$ ).

Existen al menos 23 tonalidades de colores de fibra de alpaca clasificadas por la industria textil que van desde el blanco puro a tonalidades cremas, marrones, plata, grises y negra (FAO, 2005; Oria *et al.*, 2009). La fibra blanca de alpaca se produce principalmente con fines comerciales ya que es fácil de teñir. Se estima que aproximadamente 86% de las alpacas del Perú son blancas (Brenes *et al.*, 2001).

### Llama

Las observaciones pioneras en evaluar la variabilidad entre poblaciones de llamas para caracteres de producción en la Estación Experimental de Patacamaya (La Paz, Bolivia) en la década de los años 1970, evidenciaron notorias diferencias en tamaño corporal entre poblaciones de animales de zonas alto-andinas diferentes. Estas observaciones fueron

posteriormente corroboradas por estudios específicos. En un estudio para evaluar la variación poblacional para la producción de carne, Loayza e Iñiguez (1995) identificaron regiones con condiciones excepcionales para este tipo de producción.

Así como en el caso de las alpacas se han descrito también dos tipos de llamas: Q'aras y T'amphullis (Figura 2), notoriamente diferenciadas las primeras por su menor rendimiento en vellón y menor calidad de fibra (Cardozo, 1954; Iñiguez *et al.*, 1997; Stemmer *et al.*, 2005). Existen dos poblaciones excepcionales de llamas no conectadas con alta frecuencia de animales T'amphullis: la primera población ubicada en el Altiplano sur en Sur Lipez-Potosí, ocupando altitudes entre 3800 y 4200 msnm (Iñiguez *et al.*, 1997) con una proporción de 47% de llamas T'amphullis y la segunda población, en la región cordillerana de la Provincia Ayopaya - Cochabamba, en alturas mayores a 4500 msnm, con una frecuencia aun mayor: 89,7% (Delgado, 2003; Wurzinger *et al.*, 2005; Stemmer *et al.*, 2005). En estas dos poblaciones la frecuencia de animales Q'aras fluctúa entre 8 y 10%. En contraste, en la mayoría de las zonas de producción la distribución es totalmente opuesta con una proporción de llamas Q'aras que fluctúa entre 65 y 83% (Iñiguez *et al.*, 1997). Otras investigaciones (Morales, 1997) demostraron que existe más de un solo tipo intermedio entre animales Q'aras y T'amphullis (por ejemplo los tipos Pulla, Saxsalli y T'aju). No se conoce el mecanismo genético de esta variación.

La coloración de las llamas observa una mayor variación que en las alpacas. Varios estudios han tratado de explicar el control genético del color en las llamas (Lauvergne *et al.*, 2006). El conocimiento de este control puede tener una significación futura en relación con la producción de fibra. Estudios recientes están siendo conducidos en relación con la variación genética en animales del tipo Tiutiri (llamas de color blanco con manchas negras en la cabeza, pecho y cola) y su asociación con sistemas



Figura 2. Llamas de raza T'amphullis en Junín, Perú.

productivos orientados a producir animales Q'aras para carne (Tito Rodríguez y Volga Iñiguez. Proyecto de Valoración Genética y Productiva de Llamas en Ecotipos con Potencial de Producción de Carne, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 2009, comunicación personal). Existen contados trabajos que estimaron la variación cuantitativa en relación con caracteres de producción, particularmente enfocados a caracteres de crecimiento (Wurzinger *et al.*, 2005) y de calidad de fibra (Stemmer *et al.*, 2005). La magnitud de las estimaciones de heredabilidad para esos caracteres, 0,36 para peso corporal y 0,33 para diámetro medio de fibras, denota un potencial para lograr progresos a través de la selección.

La existencia de poblaciones como las de Sur Lípez y Ayopaya es una ventaja incuestionable para el posible mejoramiento de la producción de fibra. Se ha evidenciado que los productores de estas zonas consideran la calidad del vellón como criterio de selección de sus reproductores (UNEPCA, 1997; Maria Wurzinger, Universidad de BOKU, Viena, Austria, 2009, comunicación personal). Existen procesos inducidos por el desarrollo que no han considerado la potencialidad de las llamas de Sur Lípez y/o Ayopaya, más allá de promover el descerdado de las fibras. Este desconocimiento ha dado lugar en la zona de Ayopaya a una introducción masiva de alpacas por el simple hecho de que la zona cuenta con inmensos bofedales (semi-pantanales cubiertos con agua y vegetación durante la mayor parte del año) donde pastoreaban llamas con alta calidad genética. En un periodo no mayor a 15 años la explosión poblacional de las alpacas ha sido notable en esa región a expensas de una notoria depresión en la población de llamas, lo cual debe estar conectado con la erosión de un excelente material genético para la producción de fibra (Carlos Coello, productor de llamas, comunidad de Calientes, Ayopaya, Cochabamba, Bolivia, 2009, comunicación personal).

### Sistemas de producción de llama

Las llamas se manejan y producen en sistemas de producción pequeños y por productores de escasos recursos económicos y naturales, confrontando la secuela de marginalización de los sistemas de subsistencia. Los sistemas explotan la pradera nativa comunitariamente aunque con cargas animales que sobrepasan su capacidad productiva sin que tal desequilibrio haya sido revertido ni atendido adecuadamente por políticas a nivel nacional, regional y de comunidad. Lo anterior ha conllevado a la progresiva declinación de la productividad y degradación de las praderas (Alzérreca, 1992; Stemmer *et al.*, 2005).

En sistemas donde la producción de llama es un componente central, el pastoreo sigue una rotación estacional, más notoria en zonas de producción extensiva. En muchos

de estos sistemas los bofedales, tienen gran significación por producir forraje durante el periodo seco (Lara y Lenis Cazas, 1996). En general los techos de producción anual de materia seca forrajera de las praderas son bajos: 200–600 kg/ha en serranías y planicies y 600–2450 kg/ha en bofedales (Alzérreca, 1988; Alzérreca *et al.*, 2001). Además, estas praderas son frágiles y altamente susceptibles de erosión (Lara y Lenis Cazas, 1996; UNEPCA, 1997).

Existen arreglos comunitarios que en muchos casos determinan aspectos importantes en el manejo de los rebaños. Por ejemplo, en algunos sistemas los machos se incluyen en rebaños separados de las hembras para ser pastoreados por la comunidad en lugares alejados, y luego reunidos durante la época de monta que coincide con las lluvias de enero y marzo (Rodríguez y Quispe, 2007). Independientemente de estos arreglos, los rebaños mixtos incluyen hembras de producción y de reemplazo, y crías y animales de un año sin separación de sexos. Cuando los machos alcanzan entre 12 y 18 meses de edad pueden ser destinados a la producción de carne o seleccionados como futuros reproductores (Wurzinger *et al.*, 2008; Rodríguez y Quispe, 2007). En otros sistemas extensivos los rebaños mixtos incluyen machos reproductores que permanecen con las hembras durante todo el año (Iñiguez *et al.*, 1997; Wurzinger *et al.*, 2008; Rodríguez y Quispe, 2007).

Las prácticas de cría aplican procedimientos ancestrales, excepto en regiones donde se introdujeron nuevas tecnologías para el beneficiado de la esquila y/o la elaboración de carne salada y seca (charque). En este contexto el notable conocimiento local no ha sido suficientemente reconocido e integrado en la investigación (Maria Wurzinger, Universidad de BOKU, Viena, Austria, 2009, comunicación personal; Rodríguez y Quispe, 2007). El conocimiento local también es aplicado a los aspectos de salud animal.

Invariablemente los sistemas de producción de llama integran un rebaño típico de ovinos criollos (UNEPCA, 1997). Este arreglo posiblemente confiere flexibilidad y menor vulnerabilidad al sistema con mayor oferta de proteína animal para la familia. Lo importante es que cualquiera sea la complementariedad o la competencia por forraje entre estas especies, la inclusión de un componente ovino para reducir riesgos productivos ha exacerbado el sobrepastoreo. El tamaño de rebaño promedio varía con las zonas de producción fluctuando entre 40–60 llamas en zonas con mayor concentración de personas en las comunidades, p.e. en Ayopaya (Delgado, 2003), hasta 120–180 llamas en zonas con menor concentración y más extensivas, p.e. en Sur Lípez o en el altiplano central occidental (Iñiguez *et al.*, 1997; Huaygua y Rodríguez, 2001). En contraste, el tamaño del rebaño ovino es muy similar en todas las zonas fluctuando entre 40–70 animales (UNEPCA, 1997; Stemmer *et al.*, 2005).

La infraestructura productiva es precaria, contándose sólo con corrales rudimentarios de piedra u otro material local, vecinos a la vivienda de los productores o en lugares específicos donde los animales pernoctan protegidos de predadores y del frío (Iñiguez *et al.*, 1997; Wurzinger *et al.*, 2008).

Los sistemas productivos no tienen una naturaleza comercial pero progresivamente parecen orientarse hacia las demandas del mercado. Por ejemplo en la región de Ayopaya en las alturas de la ciudad de Cochabamba, un centro con alta demanda de charque, los productores intensificaron sus sistemas productivos, transportando machos jóvenes a zonas más bajas del valle (2500 msnm), hacia terrenos propios o fruto de una transacción, donde serán engordados con mejores pastos y residuos de cosecha, para finalmente ser sacrificados y su carne procesada en charque (con un atractivo valor de venta) (Carlos Coello, productor de llamas, Comunidad Calientes, Ayopaya, Cochabamba, 2009, comunicación personal). Tal estrategia permite penetrar el nicho de mercado mencionado con un valor añadido. Aparentemente esta carne está valorizada porque el mercado empieza a pagar una diferenciación. Es posible que con una integración vinculante de zonas de cría con zonas con mayor acceso a fuentes de forrajes y subproductos, se pueda captar la demanda de esta producción valorada con mayor eficiencia y beneficio para el productor.

Las acciones actuales de investigación y de asistencia técnica prácticamente son inexistentes desde que fueron discontinuadas en el pasado. Esta condición de mínima oferta tecnológica sumada a la productividad disminuida de las praderas determina bajos índices reproductivos, por ejemplo una fertilidad estimada entre 45–55% (Rodríguez y Cardozo, 1989; Stemmer *et al.*, 2005) y un intervalo entre partos no menor a dos años (Nürnberg, 2005). Igualmente, la mortalidad de crías puede ser muy elevada y alcanzar niveles entre 30–50% en años con sequías y fríos severos (Nürnberg, 2005; Stemmer *et al.*, 2005).

Comparativamente con otras zonas del país, la acción del desarrollo en la producción de camélidos también ha sido pobre. No obstante de ello, los contados proyectos de desarrollo impulsaron la acción asociativa de productores y promovieron un notable cambio en la comercialización de la carne de llama. Estos proyectos también influenciaron en la comercialización de la fibra de llama, en particular en Sur Lípez, la cual, hasta principios de la década de 1980, no era comercializada masivamente. Es posible entonces concluir que los sistemas de producción han tenido un tipo de integración al mercado pero aun permanecen subvalorados además de deprimidos y desasistidos.

Las llamas bolivianas también tienen influencia sobre las poblaciones de llamas del noroeste argentino, a pesar de las restricciones sanitarias al comercio internacional entre

ambos países. En particular las llamas de Sur Lípez son apreciadas por la calidad de su fibra fina.

### Características de la fibra de llama

Aunque el color de fibra preferido por la industria textil es el blanco, los vellones y fibras de llama son de diferentes colores (25% blancos, 48% de colores enteros y 27% de colores mezclados). Un problema mayor de la fibra de llama deriva de su elevada medulación (proporción de cerda) (PRORECA, 2003).

La llama produce diferentes tipos de fibras. Los estudios sobre diferenciación se remontan al clásico trabajo de Tellería (1973) quien evidenció contrastes en calidad de fibras en animales contemporáneos de diferentes zonas del Altiplano Central, particularmente involucrando animales Q'aras. Martínez *et al.* (1997) describieron por primera vez las fracciones de fibras sin medulación (20,2%), con medulación fragmentada (36,7%), medulación continua (39,4%) y kemp (3,7%), y evaluaron sus diámetros, siendo la fibra fina no medulada (25,5  $\mu\text{m}$ ) y la fibra gruesa (40,7  $\mu\text{m}$ ). Si el vellón de llama es clasificado (en función a diferentes partes del cuerpo) y descerdado (remoción de los pelos gruesos), se obtiene una buena proporción de fibras finas.

En Argentina se suelen clasificar los vellones de llamas con marcada diferencia en porcentajes de fibras meduladas en vellones de estructura simple con una sola "capa" de fibras homogéneas, ó vellones de dos "capas": una de fibras finas y cortas y otra de fibras largas meduladas y gruesas. En Argentina la población de llamas de una capa es del 47%, mucho mayor al de Bolivia. Ese tipo de vellones son preferidos porque evitan la necesidad de separar la fibra fina de la gruesa, un procedimiento tedioso o costoso.

La producción promedio de llamas Q'aras es de 1,1 kg por animal/año en condiciones experimentales y posiblemente no mayor a 800 g por animal en condiciones de rebaños de productores (Rodríguez y Cardozo, 1989; Martínez *et al.*, 1997). El vellón de estos animales contiene una elevada proporción de fibras meduladas, 79,8%, incluyendo medulación fragmentada, medulación continua y kemp, y un porcentaje de medulación de 43% (incluyendo medula continua y kemp) que determina mayor diámetro promedio de fibra (31,6  $\mu\text{m}$ ) (Martínez *et al.*, 1997). Comparativamente las llamas T'amphullis producen un vellón de mayor peso (1,5–1,8 kg/animal/año) (PRORECA, 2003; Stemmer *et al.*, 2005), con menor medulación: 38,9% en el caso de Sur Lípez y 22,4% en el caso de Ayopaya, y menor diámetro promedio de fibras: 21,2  $\mu\text{m}$ , en el caso de Sur Lípez y 22,2  $\mu\text{m}$  en el caso de Ayopaya. Aun no se han establecido planes sostenibles de selección genética en esa dirección que permitiría en el mediano plazo producir animales con fibras con mínima medulación y mayor valor.

Poblaciones de llamas de Cieneguillas (Jujuy, Argentina) se destacan por su tamaño y fibra fina. En general la

fibra de llama argentina es fina. El 48% con diámetro menor a 21  $\mu\text{m}$  y solo el 16% con fibra mayor a 25  $\mu\text{m}$  (Frank *et al.*, 2006). En la provincia argentina de Catamarca a su vez se sospecha la influencia de alpacas procedentes de Chile, los vellones también son bastante finos (17–36  $\mu\text{m}$ ) y se observa una alta proporción de animales de colores marrón (Francisco Rigalt, 2009, comunicación personal).

### Comercialización y transformación de la fibra de llama

En Tabla 3 se observa que la producción de fibra de llama en Perú se estima en 760 ton, en Bolivia en 433 ton y en Argentina en 70 ton anuales. Estas cantidades no suelen llegar al mercado ya que una proporción importante se destina al autoconsumo y transformación. Por ejemplo en Bolivia se estima que un 70% de la fibra de llama producida se destina al mercado y 30% al autoconsumo. En Argentina se estima que sólo un tercio de la fibra de llama es comercializada en bruto y el resto transformada o utilizada por el propio productor.

En muchos casos los productores no esquilan sus animales anualmente porque consideran que el largo de fibra es insuficiente o porque no hay una comercialización organizada. Por tanto, es común ver animales con vellones de dos años o mayores. Los trabajos de Rodríguez (1977) señalan que la producción anual de fibra alcanza el largo suficiente como para ser integrada en el proceso comercial.

En general la esquila suele ser manual con tijeras especiales aunque todavía existen lugares donde se usan elementos más primitivos para esquilar, y también existen esquilas mecánicas. La fibra obtenida se comercializa en las ferias comunales y regionales donde suele ser comprada por acopiadores especializados. La fibra ofertada contiene impurezas y mezcla de colores, razón por la cual los acopiadores deben realizar trabajos de purificación y clasificado por color antes de ofertar su producto a la industria textil (PRORECA, 2003).

Tanto en Bolivia como en Argentina algunos productores y comunidades realizan el trabajo de purificación y clasificado para apropiarse del valor agregado. En particular hacen el descerdado (separación de las fibras gruesas o cerdas) de las fibras. Sin embargo si no se hacen los esfuerzos concomitantes, confiriéndole a la fibra ofertada una identidad propia en su comercialización ese valor no suele ser reconocido.

En centros de reclasificado y enfardado de fibra de acopios en el norte argentino se separan 9 colores (o mezcla de colores) y 4 rangos de finura (superfino <21  $\mu\text{m}$ , fina 21–25,9  $\mu\text{m}$ , gruesa 26–34,9  $\mu\text{m}$  y “borde!” 35  $\mu\text{m}$  o más). El pago de premios por fibra clasificada y más fina es incipiente (Hugo Lamas, 2009, comunicación personal).

En la actualidad existen plantas descerdadoras de fibra de llama que pueden procesar fibra de animales Q'aras en tanto tengan la longitud deseada y particularmente

la fibra de animales de la zona de Sur Lípez-Potosí. La industria textil exporta fibra descerdada o transforma la fibra en prendas u otros artículos (PRORECA, 2003).

### Guanaco

Del total de guanacos consignado en Tabla 1, el 80% se encuentra en la Patagonia argentina y chilena. En el pasado los indígenas de la Patagonia cazaban guanacos para alimentarse, usaban su cuero para vestimenta y construcción de viviendas y aprovechaban su fibra para tejidos y decoraciones. Con la llegada de los colonizadores y la introducción masiva de ovinos el hábitat del guanaco se modificó, aumentó la competencia por el forraje (un guanaco consume el equivalente a 1,5 ovinos) y aumentó la caza indiscriminada. Así en los años 1970 las exportaciones anuales de pieles de guanaco en la Argentina llegaron a 63.000 piezas. Como consecuencia se redujo fuertemente la población de guanacos a lo que en 1992 la Convención para el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Flora y Fauna Silvestre (CITES) lo incluye en su Apéndice II, el cual recomienda suspender la comercialización internacional de productos de guanacos de la Argentina y de esa manera promovió el desarrollo de tecnologías y normas para un manejo racional y controlado de la especie (Cancino, 2008).

### Sistemas de aprovechamiento de guanacos

Actualmente las actividades de exportación y tránsito de productos y subproductos del guanaco están restringidas a fibras obtenidas de animales vivos siguiendo reglas estrictas y monitoreo durante la captura y esquila. La caza está prohibida salvo extracciones controladas en casos excepcionales. La captura de guanacos para su esquila es difícil ya que los animales saltan los alambrados habituales para ovinos, pueden resultar peligrosos cuando son arrinconados y escapan a gran velocidad. Técnicas especiales se han desarrollado para su captura, esquila y liberación para evitar temor y lesiones innecesarias. Se identifican tres sistemas de aprovechamiento de guanacos (Amaya y von Thüngen, 2001): extracción controlada, cría en semi-cautividad y cría en cautividad.

La extracción controlada se basa en la caza de una proporción de animales de una población específica. La determinación de la cuota de extracción requiere conocer la dinámica poblacional y por ello se ve limitada a poblaciones estudiadas para tal efecto. A través de la extracción controlada sería posible obtener volúmenes importantes de fibra, pero la información censal y biológica necesaria para su implementación es costosa. Además esta opción es poco atractiva para el consumidor moderno de productos de la fauna, quien se resiste a utilizar fibras de animales cazados. Las experiencias documentadas de producción de fibra por extracción son muy escasas.





Figura 3. Guanacos en semicautiverio, Patagonia, Argentina.

La cría en semi-cautividad se basa en el arreo, captura, esquila y suelta de guanacos mantenidos en condiciones semi-controladas (Figura 3). Esta opción implica la construcción de mangas o embudos permanentes o temporarios en los cuales controlar los guanacos. Se han desarrollado técnicas apropiadas a situaciones específicas con éxitos variados en cuanto a la proporción de animales capturados del total de la población controlada (De Lamo, 1995). Esta opción es la más atractiva habiendo promovido en la Patagonia varios emprendimientos comerciales (Chechile, 2006, Arreche y Abad, 2006).

La cría en cautividad exige el confinamiento de los animales a un territorio determinado y por ende una fuerte inversión inicial en infraestructura. Existen experiencias con este sistema de cría en Argentina (Sarasqueta, 2001) y Chile (Bas y González, 2000). Los criaderos suelen requerir mucha atención veterinaria y monitoreo nutricional, además de un delicado manejo reproductivo por lo que su rentabilidad dependerá de la eficiencia productiva de la población cautiva y de los costos en cada caso en particular.

### Características de la fibra de guanaco

En un sistema de semi-cautividad, raramente se logra capturar al mismo grupo de guanacos de un año a otro por lo que se esquilan animales con diferentes periodos de crecimiento de fibra. En general se evita esquila al mismo animal todos los años para así asegurar un largo de mecha de al menos 30 mm, valor requerido para su peinado industrial aunque la producción total con dos esquilas es mayor (Cancino *et al.*, 2008). Los pesos de vellón en animales adultos alcanzan 300–700 g. Los vellones son esquilados con tijera ó máquina de esquila y contienen dos tipos de fibras: las valiosas, finas y cortas (*down*) y las gruesas y largas (cerda). La proporción de fibras finas suele ser de 35 a 50%. Algunos productores separan manualmente parte de las fibras gruesas antes de ofrecer el vellón para venta. En ese caso el rendimiento de fibras

finas asciende a 65–95% según el trabajo de separación realizado (Sacchero *et al.*, 2006).

Aunque la fibra de guanacos no tiene la finura de la fibra de vicuña, en otros aspectos es bastante similar, incluyendo las variaciones de color marrón y la presencia de fibras muertas y cerda junto a las fibras valiosas. El promedio de diámetros de fibra varía entre animales y entre grupos etarios. La eliminación de la cerda en adultos reduce el diámetro de las fibras remanentes en 1–2  $\mu\text{m}$ . A su vez animales jóvenes suelen tener fibras con diámetros hasta 3  $\mu\text{m}$  menos que animales adultos (Cancino, 2008). El coeficiente de variación (CV) de diámetros entre animales es de aproximadamente 10%, similar a lo observado en ovinos laneros. En un muestreo de 6 poblaciones de guanacos en el norte de la Patagonia se obtuvo un rango de promedios de diámetros de fibra de 14,5 a 17,8  $\mu\text{m}$ . En otro relevamiento de tres poblaciones se observaron diámetros de 14,6  $\pm$  0,7 a 16,5  $\pm$  1,7  $\mu\text{m}$  y largos de mecha entre 14,4  $\pm$  3,3 a 38,1  $\pm$  9,1 mm (von Thüngen *et al.*, 2005). Se observa que la fibra de guanaco patagónico tiene buena finura pero el largo de mecha está en el límite de lo aceptable.

### Vicuña

La inclusión de la vicuña en el Apéndice I de CITES en 1973 implicó la prohibición del comercio internacional de sus productos y subproductos, y promovió el desarrollo de políticas y normas de protección de la especie, tal que luego de un período de casi extinción la población de vicuñas se recuperó sustancialmente en todos los países andinos. En la Tabla 1 observamos que Perú y Argentina tienen ahora las mayores poblaciones.

La vicuña es la especie más pequeña de los camélidos sudamericanos. Exhibe un cuerpo grácil, alcanzando un peso entre 35 y 50 kg y una alzada de hasta 1 m. Es de color canela en el dorso y blanco en la parte ventral, que la confunde con el pajonal donde vive, y tiene un cuello largo, que le permite detectar a sus enemigos a la distancia. Sus orejas son similares a las de la alpaca. Vive en la puna encima de los 3000 msnm, concentrándose desde los 9°30'S en Ancash, Perú hasta los 29°S en la III Región de Atacama, Chile, y el norte de la provincia de San Juan, Argentina (CNVG, 2007). En Chile y Argentina también se encuentran en altitudes menores.

La vicuña tiene adaptaciones fisiológicas a esos ambientes fríos y altos. Por ejemplo para la protección contra el frío tiene una fibra tupida y muy fina, con alta capacidad de retención de la temperatura; en el pecho posee un mechón de pelos largos que le sirve para cubrir las patas delanteras al dormir echada en el suelo. Las vicuñas concentran las pariciones en los días soleados y durante las primeras horas de la mañana (en 80%), lo que favorece el secado de las crías, que nacen durante la época de lluvias – entre febrero y marzo, con una mayor incidencia

en horas de la tarde – pues como ocurre con los otros camélidos, la vicuña no puede lamer sus crías y éstas deben secarse al aire). Por otro lado, y para contrarrestar los efectos de la baja presión parcial de oxígeno debida a la altitud, su sangre posee una alta concentración de glóbulos rojos, cerca de 14 millones/mm<sup>3</sup>, permitiendo una mayor superficie de captación y transporte de oxígeno.

Existen dos subespecies de vicuña: *Vicugna vicugna menzalis* y *Vicugna vicugna vicugna*. La primera es de un color más oscuro, tiene un pronunciado mechón de pelos largos y blancos en el pecho, es algo más grande y se encuentra hacia el norte del paralelo 20°S (Wheeler *et al.*, 1995; Brenes *et al.*, 2001). La segunda es de pelaje más claro, no presenta el mechón de pelos de pecho, es más pequeña y se distribuye hacia el sur de ese paralelo.

### Sistemas de aprovechamiento de vicuñas

Con la recuperación de las poblaciones de vicuña y con políticas de control y conservación adecuadas CITES reubicó algunas poblaciones de vicuñas en el Apéndice II. Poblaciones con ese status pueden ser aprovechadas comercialmente cuando cumplen con sistemas de aprovechamiento aprobados. En todo caso la fibra debe ser obtenida de animales vivos. Existen básicamente tres sistemas de aprovechamiento de vicuñas:

- Crianza en cautiverio, implementado bajo las normas propuestas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, por las cuales grupos de 10–20 vicuñas son provistos a productores individuales por el criadero de INTA (criadero de más de 1500 vicuñas) y confinados a espacios alambrados de su ambiente habitual y sujetos a un manejo mínimo. En este caso los animales quedan a cargo del productor y la fibra es propiedad del productor (Amendolara, 2002). Los criaderos particulares poseen un total de 600 vicuñas (Mónica Duba, 2008, comunicación personal).
- Aprovechamiento en silvestría, implementada en Perú, Bolivia y Argentina, basado en Bolivia en el Reglamento Nacional para la Conservación y Manejo de la Vicuña, que otorga a las comunidades campesinas el derecho exclusivo a la custodia, aprovechamiento y beneficios de las vicuñas ubicadas en sus áreas de jurisdicción comunal, manteniendo el Estado el derecho al almacenamiento y venta de la fibra. En Argentina se realizan encierres periódicos de diferentes poblaciones de vicuñas con dos variantes de captura: mediante módulo fijo y módulo móvil. En el módulo fijo al menos parte de las instalaciones de embudo y manga son fijas en cambio en el módulo móvil se instalan en forma temporaria y función de la población de vicuña a capturar.
- Crianza en semi-cautiverio, o sistemas de cercos cuyos principales promotores son Perú y Chile, y que consiste en el mantenimiento de las vicuñas en grandes ambientes de pasturas de más de 500 ha limitadas con cercos de



Figura 4. Captura de vicuñas “chaku” en Huancavelica, Perú.

alambre y/o piedras. Este tipo de crianza tiene muchas ventajas: seguridad de su mantenimiento frente a depredadores y cazadores, fácil monitoreo, fácil captura, y mejor aprovechamiento de la fibra. La captura se realiza mediante una práctica utilizada desde la época del imperio incaico conocida como *chaku*. El *chaku* consiste en el arreo y captura de las vicuñas utilizando un cerco de humanos y/o vehículos que va cerrándose paulatinamente en un gran “embudo”, donde los animales quedan atrapados (Figura 4). Esta práctica puede no resultar eficiente y puede ser estresante para los animales, sin embargo es práctica y revaloriza acciones comunitarias ancestrales. Los factores estresantes para la vicuña (p.e. captura, manipulación, insensibilizado, inmovilización, temperaturas extremas, ruidos, olores nuevos y esquila) pueden incrementar los riesgos de muerte por shock tales como miopatía de captura e inmunosupresión o pueden afectar la salud de los animales.

Los gobiernos de Perú y Chile han implementado la estrategia de ceder vicuñas, en modalidad “de uso”, a las comunidades campesinas, que se encargan de su cuidado y del aprovechamiento de su fibra. En Perú desde 1992, las comunidades inicialmente tuvieron derecho sólo al uso y posteriormente tuvieron derechos sobre la propiedad. En 1995 el Gobierno promulgó la Ley 26.496 mediante la cual se otorgó el uso (usufructo) de la vicuña a las comunidades campesinas en cuyas tierras se encontraban estos animales, responsabilizándolas también de su manejo y conservación. En diciembre 2006, Perú informó en la XV Reunión Ordinaria de la Comisión Técnico-Administradora del Convenio la Vicuña realizada en San Salvador de Jujuy, Argentina, la existencia de 28.000 ejemplares en 250 cerramientos.

El crecimiento de la fibra no es rápido, es por eso que durante el Incario los *chakus* se realizaban a intervalos trianuales. En la actualidad en muchos lugares la captura y esquila se realizan cada año, lo cual tiene como objetivo una mejor vigilancia, esquilándose sólo aquellos animales con fibras de al menos 2 cm de largo, obteniéndose tasas de esquila que van disminuyendo año a año, por ejemplo desde 65% en 1995 a 40% en 2006. Estos datos permiten recomendar que los *chakus* deberían realizarse cada dos

años, pudiendo obtenerse producciones de hasta 250 g/animal. Considerando que las vicuñas viven en promedio ocho años en su hábitat natural, entonces la producción de fibra en su vida es de aproximadamente 1 kg. En Catamarca, Argentina, datos del control oficial de la Secretaría de Ambiente indican que sobre 207 vicuñas capturadas en Laguna Colorada (3740 msnm) en el año 2005, el peso de vellón promedio resultó 461 g, y que a solo 32 km de distancia en Laguna Blanca (3223 msnm) 339 vicuñas dieron un promedio de 262 g (Rigalt *et al.*, 2006).

### Características de la fibra de vicuña

La subespecie mejor estudiada es la *Vicugna vicugna menziesii*, la cual tiene una longitud media de mecha a nivel del manto de 32,8 mm en animales adultos con un rango entre 29,2 a 41,7 mm y alcanza largos de mecha a nivel del pecho de 18 a 20 cm. El diámetro medio de la fibra exceptuando las zonas del cuello y extremidades es uniforme, variando entre 11,9  $\mu\text{m}$  a 14,7  $\mu\text{m}$  con una media de  $12,5 \pm 1,5 \mu\text{m}$  (Solari, 1981), no existiendo diferencias significativas entre sexos y edades (Hoffman *et al.*, 1983). La densidad folicular promedio es de 78,7 folículos por  $\text{mm}^2$ , con una frecuencia de pelos de 2%. La resistencia a la tracción varía entre 40 y 64 N/ktex, por lo cual la fibra es considerada como “muy resistente”, observándose que fibras de vicuñas que pastorean sobre pasto de buena calidad tienen mayor resistencia frente a aquellas que pastorean pastos de mala calidad.

Para la subespecie *Vicugna vicugna vicugna* existe un extenso trabajo de caracterización de la producción de fibras en condiciones del criadero de INTA, Argentina realizado por Rebuffi (1999). En machos de criadero se observó un rango de diámetros de 11,9 a 22,0  $\mu\text{m}$  con un promedio de 13,6  $\mu\text{m}$  (desvío estándar, DS 4,0). En muestras de la misma población Sacchero y Mueller (2005) obtuvieron promedios de diámetro de fibras de 13,8  $\mu\text{m}$  (DS 3,0) para muestras descerdadas y 14,1  $\mu\text{m}$  (DS 4,5) en muestras no descerdadas. Para vicuñas adultas de ambos sexos capturadas en Laguna Blanca, Catamarca, Argentina, Rigalt *et al.* (2008) obtuvieron en 61 muestras un promedio de diámetro de fibras de 12,6  $\mu\text{m}$  (DS 4,4) y un largo de mecha en laboratorio de 37,7 mm y de 31,0 mm medido con regla a campo.

### Comercialización y transformación de la fibra de guanaco y vicuña

Las fibras finas *down* de la vicuña son extremadamente valiosas y especiales no sólo por sus características textiles sino también por su escasez y por su asociación con ambientes y culturas exóticas. El hilo y las prendas hechas de fibra de guanaco y vicuña tienen un alto precio de mercado pero requieren materia prima con adecuado largo de mecha y requiere la separación de la cerda y pelos muertos de las fibras *down* valiosas. En Argentina se han utilizado

descerdadoras mecánicas para purificar la fibra de guanaco, en vicuña el descerdado se realiza a mano.

Se ha mencionado que las fibras de los camélidos silvestres se obtienen y comercializan bajo estrictas normas de producción y fiscalización a los fines de evitar la caza furtiva y asegurar la conservación de las especies. El problema que se presenta, es que la fibra de vicuña ilegal (de animales muertos o cazados) se obtiene a precios muy inferiores a la fibra legal, en una relación de 1:5. A pesar de los esfuerzos para controlar ese comercio la caza continua en algunos lugares debido a la presión de la demanda por fibra. Sólo en la provincia de Catamarca, Argentina, existen unas 500 artesanas que demandan aproximadamente 500 kg de esta fibra para su subsistencia en la confección de hilados y prendas artesanales. Se estima que la producción legal de fibra de vicuña en Argentina durante 2008 fue de 377 kg, gran parte destinada a la exportación sin agregado de valor.

Otras dificultades en la comercialización de la fibra de vicuña como así también de guanaco se vinculan con la falta de una oferta en cantidad previsible y con las grandes fluctuaciones en el precio obtenido. Ambas son dificultades habituales para los productores de fibras especiales. Con cantidades pequeñas de fibra disponible y demanda volátil, relacionada con modas y tendencias, es difícil planificar una producción sostenible que garantice un ingreso al productor o a la comunidad. De todos modos hay un potencial que puede ser aprovechado esporádicamente.

### El futuro de la producción de fibras de camélidos sudamericanos

Los camélidos sudamericanos son un recurso genético nativo de alto valor socioeconómico en la zona alto-andina. Sin embargo la condición actual de los sistemas productivos asociados con esta especie no permite se los identifique como elementos motores para una mejora substantiva de los medios de vida de sus productores, ni la reactivación económica de las zonas deprimidas donde estos animales son producidos. Para modificar esta situación se requiere una enorme tarea que seguramente requerirá de un marco en el que interactúen la investigación, la extensión y el desarrollo, además de políticas innovadoras que garanticen la integración de las cadenas productivas con el mercado, sin que se ignore o excluya a cualquiera de estos componentes como ha ocurrido en el pasado. Los grandes desafíos estarán en el área del fortalecimiento institucional de las comunidades hacia un manejo sostenible de los recursos naturales, valoración de la producción y manejo innovador de las potencialidades de los criadores y la versatilidad y variabilidad genética que ofrecen los camélidos sudamericanos. En este contexto la cooperación regional de países productores puede conferir mayor coherencia y acelerar los procesos de transformación necesarios. El aumento de la producción de

fibras y demás productos de los camélidos sudamericanos, a la vez de preservar un recurso genético animal crítico y los valores culturales asociados y mejorar la calidad de vida de muchos pequeños productores, debe ser parte de una estrategia global de inversión sostenida en investigación y desarrollo apropiados.

## Agradecimientos

Apreciamos la asistencia financiera de la Dirección Universitaria de Investigación de la UNH, de INCAGRO (Contrato N° 2006-00211), institución dependiente del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Perú.

## Referencias

- Alzérreca, H., D. Luna, G. Prieto, A. Cardozo & J. Céspedes.** 2001. Estudio de la capacidad de carga de bofedales para la cría de alpacas en el sistema TDPS-Bolivia. Autoridad Binacional del lago Titicaca y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La Paz, Bolivia. 278 p.
- Alzérreca, H.** 1988. Diagnóstico y prioridades de investigación en praderas y pasturas del altiplano y altoandino de Bolivia. En Memoria de la I Reunión Nacional sobre Praderas Nativas de Bolivia. Oruro, Bolivia, PAC-CORDEOR. pp. 214–268.
- Alzérreca, H.** 1992. Producción y utilización de los pastizales de la zona andina de Bolivia. REEPAN, IBTA. La Paz, Bolivia. 146 p.
- Amaya, J. & J. von Thüngen.** 2001. Cría de guanacos en semicautividad. Comunicación Técnica INTA Bariloche Nro RN 114.
- Amaya, J., J. von Thüngen & D. De Lamo.** 2001. Resultados sobre la densidad de guanacos en diferentes provincias patagónicas. Comunicación Técnica INTA Bariloche Nro RN 107.
- Amendolara, D.** 2002. Manejo y uso sustentable de la vicuña en condiciones de semi-cautiverio en la puna Argentina. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía, Sede Antonio Machado, España.
- Antonini, M., M. González & A. Valbonesi.** 2004. Relationship between age and postnatal skin follicular development in three types of South American domestic camelids. *Livestock Production Science* 90: 241–246.
- Arreche, G. & M. Abad.** 2006. Experiencia en la cría de guanacos en semicautiverio de un productor de la línea sur rionegrina. IV Congreso Mundial sobre Camélidos. Catamarca, Argentina.
- Bas, F. & B. González.** 2000. Avances recientes en la investigación y manejo del guanaco (*Lama guanicoe*) en Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* Vol. 27, Nro1, Enero- Abril.
- Brenes, E.R., K. Madrigal, F. Pérez & K. Valladares.** 2001. El Cluster de los Camélidos en Perú: Diagnóstico Competitivo y Recomendaciones Estratégicas. Instituto Centroamericano de Administración de Empresas <http://www.caf.com/attach/4/default/CamelidosPeru.pdf>. [21 de marzo 2009].
- Bryant, F.C., A. Florez & J. Pfister.** 1989. Sheep and alpaca productivity on high andean rangelands in Peru. *Journal Animal Science* 67: 3078–3095.
- Cancino, A.K.** 2008. Producción de guanaco (*Lama guanicoe*) en la región patagónica Argentina. En Quispe, E.P. (Ed.) Memorias del Seminario Internacional “Biotecnología aplicada en Camélidos Sudamericanos”, 19–21 noviembre, Huancavelica Perú, 85–88.
- Cancino, A.K., M. Abad, H. Taddeo & D. Sacchero.** 2008. Producción de fibra de guanaco (*Lama guanicoe*) criados en diferentes ambientes de Río Negro. *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (Supl. 1) 235–236.
- Cardozo, A.** 1954. Auquenidos. Editorial Centenario. La Paz, Bolivia. 284 p.
- Castellaro, G., J. Garcia-Huidobro & P. Salinas.** 1998. Alpaca live-weight variations and fiber production in Mediterranean range of Chile. *Journal Range Management* 51: 509–513.
- Chechile, J.** 2006. Presentación encierre de guanacos. <http://www.estancialesperanza.com/biblioteca.htm> [11 de Abril 2009].
- CNVG.** 2007. Primer Censo Nacional Vicuña y Guanaco al norte del Río Colorado 2006. Dirección de Fauna Silvestre, Argentina.
- Condorena, N.** 1985. Aspectos de un sistema regularizador de la crianza de alpacas. IVITA La Raya. Puno, Perú.
- De Los Ríos, E.** 2006. Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área alto-andina de Bolivia, Ecuador y Perú. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO). [https://www.unido.org/file-storage/download/?file\\_id=58563](https://www.unido.org/file-storage/download/?file_id=58563). [26 de septiembre 2007].
- Delgado, J.** 2003. Perspectivas de la producción de fibra de llama en Bolivia. Dissertation, Hohenheim University, Stuttgart, Germany.
- FAO.** 2005. Situación Actual de los Camélidos Sudamericanos en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914. <http://www.fao.org/regional/Lamerica/prior/segalim/animal/paises/pdf/2914per.pdf>. [24 de septiembre 2007].
- Frank, E.N., M.V.H. Hick, C.D. Gauna, H.E. Lamas, C. Renieri & M. Antonini.** 2006. Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Research* 61: 113–129.
- Gentry, A., J. Clutton-Brock & C.P. Groves.** 2004. The naming of wild animal species and their domestic derivatives. *Journal Archaeological Science* 31: 645–651.
- Gobierno Regional de Huancavelica.** 2006. Plan de Mejoramiento Genético y Medioambiental de Alpacas Huacaya de color blanco a nivel de la región de Huancavelica. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Proyecto PROALPACA. Huancavelica. Perú.
- Hoffman, E. & M.E. Fowler.** 1995. The Alpaca book. Clay Press Inc., Herald, California.
- Huaygua, E. & Rodríguez, C.T.** 2001. Aprovechamiento de la fibra de llama en un área de extrema pobreza en Bolivia, Sur Lípez-Potosí. En: Encuentro de la Innovación y el Conocimiento contra la Pobreza Rural. Managua, Nicaragua, 25 al 27 de septiembre de 2001. FIDAMERICA. Managua, Nicaragua.
- INDEC.** 2002. Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Argentina.
- INE Bolivia.** 2009. <http://www.ine.gov.bo/indice/general.aspx?codigo=40116> Instituto Nacional de Estadística.
- INE Chile.** 2009. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. [www.censoagropecuario.cl](http://www.censoagropecuario.cl)
- INIA.** 2006. <http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0021/> [25 de abril 2009]
- Iñiguez, L.C., R. Alem, A. Wauer & J.P. Mueller.** 1997. Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding llama population from Southern Bolivia. *Small Ruminant Research* 30, 57–65.

- Iñiguez, L.C. & R. Alem.** 1996. Role of camelids as means of transportation and exchange in the Andean region of Bolivia. *World Animal Review* 86: 12–21.
- Inka-Alpaca.** 2009. La alpaca. <http://www.alpaca-inca.com/UntitledFrameset-14.htm>. [15 de marzo 2009].
- Jáuregui, V. & G. Bonilla.** 1991. Productividad de carne, fibra y cuero en alpacas y llamas. XIV Reunión Científica APPA.
- Lara, R. & A. Lenis Cazas.** 1996. Caracterización ambiental de las vegas altoandinas en los Lípez, Potosí. PROQUIPO, Potosí. Mimeo, pp. 12.
- Lauvergne, J.J., C. Renieri, E. Frank, M. Hick & M. Antonini.** 2006. Descripción y clasificación de los fenotipos de color de los camélidos domésticos sudamericanos. En: Renieri, C., E. Frank & O. Toro (Eds) *Camélidos Domésticos Sudamericanos: Investigaciones recientes*. DESCO, DECAMA, INCA TOPS, FONDO EMPLEO, Lima Perú. 357 p.
- León-Velarde, C.U & J. Guerrero.** 2001. Improving quantity and quality of Alpaca fiber; using simulation model for breeding strategies. <http://inrm.cip.cgiar.org/home/publicat/01cpb023.pdf>. [24 de septiembre 2007].
- Loayza, O. & L. Iñiguez.** 1995. Identificación de un rebaño de llamas élite como base para un programa de mejoramiento genético. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. *Series de Trabajo* 2, pp. 1–36.
- Lupton, C.J., A. McColl & R.H. Stobart.** 2006. Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research* 64: 211–224.
- Kadwell, M., M. Fernandez, H.F. Stanley, R. Baldi, J.C. Wheeler, R. Rosadio & M.W. Bruford.** 2001. Genetic analysis reveals the wild ancestors of llama and alpaca. *Proceedings of the Royal Society London B* 268: 2575–2584.
- Marin, J.C., B. Zapata, B.A. González, C. Bonacic, J.C. Wheeler, C. Casey, M.W. Bruford, E. Palma, E. Poulin, A. Alliende & A. E. Spotorno.** 2007. Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular. *Revista Chilena Historia Natural* 80: 121–140.
- Marti, S.B., M. Kreuzer & M.R.L. Scheeder.** 2000. Analyse von Einflussfaktoren auf die Faserqualitaet bei Neuweltkameliden mit dem OFDA-Verfahren. *Zuechtungskunde* 72: 389–400.
- Martinez, Z., L.C. Iñiguez & T. Rodríguez.** 1997. Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. *Small Ruminant Research* 24: 203–212.
- McGregor, B.A. & K.L. Butler.** 2004. Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Australian Journal of Agricultural Reserach* 55: 433–442.
- McGregor, B.A.** 2002. Comparative productivity and grazing behaviour of Huacaya alpacas and Peppin Merino sheep grazed on annual pastures. *Small Ruminant Research* 44: 219–232.
- McGregor, B.A.** 2006. Production attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Research* 61: 93–111.
- Montes, M., I. Quicaño, R. Quispe, E.C. Quispe & L. Alfonso.** 2008. Quality characteristics of Huacaya Alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6: 33–38.
- Morales, R.** 1997. Tipos de llamas en el altiplano boliviano. UNEPCA, FIDA, CAF. Oruro, Bolivia. 29 p.
- Nieto, L. & I. Alejos.** 1999. Estado económico y productivo del Centro de Producción e Investigación de Camélidos Sudamericanos – Lachocc. XXI Reunión Científica Anual APPA.
- Norma Técnica Peruana.** 2004. NTP 231.301. Fibra de Alpaca Clasificada – Definiciones, clasificación por grupos de calidades, requisitos y rotulado. INDECOPI. Perú.
- Nürnberg, M.** 2005. Evaluierung von produktionssystemen der Lamahaltung in (klein) bäuerlichen gemeinden der Hochanden Boliviens. Dissertation, Hohenheim University, Stuttgart, Germany.
- Parraguez, V.H., F. Sales, R. Novoa & L.A. Raggi.** 2004. Comercialización interna y externa de productos de rumiantes pequeños y camélidos sudamericanos en Chile. *Revista Electrónica de Veterinaria* 5 (13), <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121204B.html>
- Ponzoni, R.W., R.J. Grimson, J.A. Hill, D.J. Hubbard, B. A. McGregor, A. Howse, I. Carmichael & G.J. Judson.** 1999. The inheritance of and association among some production traits in young Australian alpacas. <http://www.alpacas.com/AlpacaLibrary/InheritanceTraits.aspx>. [26 de septiembre 2007].
- Ponzoni, R.W.** 2000. Genetic improvement of Australian Alpacas: present state and potential developments. *Proceedings Australian Alpaca Association*, pp. 71–96.
- PRORECA.** 2003. Identificación, Mapeo y Análisis Competitivo de la Cadena Productiva de Camélidos. MACA, SIBTA, FDTA. La Paz, Bolivia.
- Quispe, E.C., J.P. Mueller, J. Ruiz, L. Alfonso & G. Gutiérrez.** 2008a. Actualidades sobre adaptación, producción, reproducción y mejora genética en camélidos. Universidad Nacional de Huancavelica. Primera Edición. Huancavelica, Perú, pp. 93–112.
- Quispe, E.C., R. Paúcar, A. Poma, D. Sacchero & J.P. Mueller.** 2008b. Perfil del diámetro de fibras en alpacas. *Proc. de Seminario Internacional de Biotecnología Aplicada en Camélidos Sudamericanos*. Huancavelica. Perú.
- Quispe, E.C.** 2005. Mejoramiento Genético y Medioambiental de Alpacas en la Región de Huancavelica. *Proyecto de Inversión Pública a nivel de Perfil*. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
- Rebuffi, G.** 1999. Caracterización de la producción de fibra de vicuña en el altiplano argentino. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. España, 365 p.
- Rigalt, F., G. Rebuffi, R. Vera & R. Pivotto.** 2008. Caracterización preliminar de la calidad de fibra de vicuña (*Vicugna vicugna*) de la reserva Laguna Blanca, Catamarca, Argentina.
- Rigalt, F., G. Sabadzija & M. Rojas.** 2006. Análisis económico del sistema de uso en silvicultura de vicuñas en la Reserva de Laguna Blanca, Catamarca, Argentina. IV Congreso Mundial de Camélidos, 11–15 octubre 2006, Santa María, Catamarca, Argentina.
- Rodríguez, C.T.** 1977. Épocas de esquila y ritmo de crecimiento de fibra en llamas. En: III Reunión Nacional de Investigadores en Ganadería. Tarija, Bolivia.
- Rodríguez, C.T. & A. Cardozo.** 1989. Situación actual de la producción ganadera en la zona andina de Bolivia. PROCAD-UNITAS, La Paz, Bolivia, 74 p.
- Rodríguez, C.T. & J.L. Quispe.** 2007. Domesticated camelids, the main animal genetic resource of pastoral systems in the region of Turco, Bolivia. In: K.A. Tempelman & R.A. Cardellino (Eds.) “People and Animals”, FAO, Rome.
- Sacchero, D.M., M.J. Maurino, J. von Thüngen & M.R. Lanari.** 2006. Diferencias de calidad y proporción de down en muestras individuales de vellones de guanacos de diferentes regiones de Argentina (*Lama guanicoe*). En: II Simposium Internacional sobre camélidos sudamericanos. 25–26 de mayo, Arequipa, Peru, p. 185–188.
- Sacchero, D.M. & J.P. Mueller.** 2005. Determinación de calidad de vellones de doble cobertura tomando al vellón de vicuña (*Vicugna*

- vicugna*) como ejemplo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 34: 143–159.
- Sarasqueta, D.V.** 2001. Cría y reproducción de guanacos en cautividad (*Lama guanicoe*). *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche Nro. RN 110*.
- Schmid, S., B. Lehmann, M. Kreuzer, C. Gómez & C. Gerwig.** 2006. The value chain of alpaca fiber in Peru, an economic analysis. Tesis de Master. Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Switzerland.
- Stemmer, A., A. Valle Zárate, M. Nürnberg, J. Delgado, M. Wurzinger & J. Sölkner.** 2005. La llama de Ayopaya: descripción de un recurso genético autóctono. *Archivos de Zootecnia* 54: 253–359.
- Tellería, P.W.** 1973. Estudio sobre algunas características físicas y químicas de la fibra de llama. Tesis Ing. Agr., Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, pp. 57.
- UNEPCA (Unidad Ejecutora del Proyecto Camélidos).** 1999. Censo Nacional de llamas y alpacas. Oruro, Bolivia.
- UNEPCA (Unidad Ejecutora del Proyecto Camélidos).** 1997. Estudio de base sobre la situación de la producción de camélidos en Bolivia. UNEPCA, FDC, FIDA, CAF, IICA. La Paz, Bolivia.
- Von Thüngen, J., C.M. Gálvez, D. Sacchero & L. Duga.** 2005. Análisis de calidad de la fibra de guanaco (*Lama guanicoe* M.) en la Patagonia. Congreso AAPA.
- Wang, X., L. Wang & X. Liu.** 2003. The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres: Australian Alpaca Fibre Industry and the Fibre properties. <http://www.rirdc.gov.au/reports/RNF/03-128.pdf>. [25 de septiembre 2007].
- Wang, H.M., L. Xin & X. Wang.** 2005. Internal Structure and Pigment Granules in Coloured Alpaca Fibers. *Fibers and Polymers* 6: 263–268.
- Wheeler, J.C.** 2004. Evolution and present situation of the south american camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society* 54:271–295.
- Wheeler, J.C., A.J.F. Russel & H. Redden.** 1995. Llamas and alpacas: pre-conquest breeds and post-conquest hybrids. *Journal of Archaeological Science* 22: 833–840.
- Wing, E.S.** 1977. Animal domestication in the Andes. En: Reed, C.A. (Ed.) *Origins of agriculture*. Mouton Publishers, The Hague, The Netherlands.
- Wulji, T., G.H. Davis, K.G. Dodds, P.R. Turner, R.N. Andrews & G.D. Bruce.** 2000. Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Research* 37: 189–201.
- Wurzinger, M., J. Delgado, M. Nürnberg, A. Valle Zárate, A. Stemmer, G. Ugarte & J. Sölkner.** 2005. Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. *Livestock Production Science* 95: 73–81.
- Wurzinger, M., A. Willam, J. Delgado, M. Nürnberg, A. Valle Zárate, A. Stemmer, G. Ugarte & J. Sölkner.** 2008. Design of a village breeding programme for a llama population in the High Andes of Bolivia. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 125: 311–319.
- Xing, L., W. Lijing & W. Xungai.** 2004. Evaluating the Softness of Animal Fibers. *Textile Research Journal* 74: 535–538.
- Xungai, W., W. Lijing & L. Xiu.** 2003. The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres. Rural Industries Research and Development Corporation. Publication No 03/128. Australia. 119 p.

# Cashmere-producing goats in Central Asia and Afghanistan

Carol Kerven<sup>1</sup>, Bruce McGregor<sup>2</sup> and Sabyr Toigonbaev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Odessa Centre Ltd. UK, 2 The Ridgeway, Great Wolford, Warks CV36 5NN, United Kingdom;* <sup>2</sup>*Solutions for Goat Producers, Victoria, Australia;* <sup>3</sup>*Kyrgyz Cashmere Producers' Association, Osh, Kyrgyzstan*

## Summary

Indigenous goats of Central Asia and Afghanistan produce cashmere, the warm undercoat grown annually to protect them from cold winters. Cashmere is appreciated in luxury markets, but there are no efforts to conserve these goats. Commercial assessments of their fibre quality have recently been undertaken. Poorer villagers in the most climatically difficult remote desert and high altitude regions are particularly dependent on raising goats. Villagers in Kazakhstan, Kyrgyzstan and Tajikistan started selling raw cashmere mainly to Chinese traders in the 1990s. Afghan producers have been selling cashmere for a longer time. In comparison with China and Mongolia, Central Asian and Afghan producers sell their cashmere unsorted and at relatively low prices. Traders do not offer producers differentiated prices according to quality, but world commercial prices are highly sensitive to quality. Producers thus lose potential value. Summaries are given of tests on the quality of cashmere from samples of 1 592 goats in 67 districts and 221 villages from 2003 to 2008. There are cashmere goats in these sampled districts which produce the finest qualities of cashmere typical of Chinese and Mongolian cashmere. There is impetus to increase the production, commercial value and income for producers from cashmere produced by Central Asian goats.

**Keywords:** *Afghanistan, cashmere, goats, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan*

## Résumé

Les chèvres indigènes de l'Asie centrale et de l'Afghanistan produisent du cachemire, le sous poil chaud qui pousse chaque année pour les protéger du froid de l'hiver. Le cachemire est apprécié dans les marchés de luxe, mais aucun effort n'est consacré pour la conservation des chèvres. On a entrepris récemment des évaluations sur la qualité de leur fibre d'un point de vue commercial. Les villageois plus démunis qui résident dans les régions reculées du désert et des montagnes les plus difficiles du point de vue climatique dépendent de façon particulière de l'élevage des chèvres. Dans les années 90, les habitants des villages du Kazakhstan, du Kirghizistan et du Tadjikistan ont commencé à vendre du cachemire brut surtout aux commerçants chinois tandis que les producteurs afghans vendent du cachemire depuis plus longtemps. Par rapport à la Chine et à la Mongolie, les producteurs de l'Asie centrale et de l'Afghanistan vendent le cachemire en vrac et à des prix relativement faibles. Les commerçants ne proposent pas aux producteurs des prix différenciés selon la qualité. Les prix commerciaux dans le monde sont très sensibles à la qualité. Les producteurs perdent ainsi de la valeur potentielle. On présente ici un résumé des essais effectués, entre 2003 et 2008, sur la qualité du cachemire à partir des échantillons de 1 592 chèvres dans 67 districts et dans 221 villages. Dans les districts pris en examen, il y a des chèvres qui produisent les qualités les plus raffinées du cachemire typique chinois et mongol. Il existe des possibilités d'augmentation de la production, de la valeur commerciale et des revenus pour les producteurs du cachemire des chèvres de l'Asie centrale.

**Mots-clés:** *Afghanistan, cachemire, chèvres, Kazakhstan, Kirghizistan, Tadjikistan*

## Resumen

La cabra indígena de Asia Central y Afganistán produce cachemir, el cálido manto de base que produce cada año para protegerse de los fríos inviernos. El cachemir es muy apreciado en los mercados de lujo. No se está haciendo ningún esfuerzo para conservar estas cabras. Recientemente se han llevado a cabo valoraciones acerca de la calidad de sus fibras desde una perspectiva comercial. Los aldeanos más pobres, que residen en zonas de gran altitud y en el desierto remoto, donde existen las más duras condiciones climáticas, dependen especialmente de la cría de cabras. Los aldeanos de Kazajstán, Kirguizistán y Tayikistán empezaron a vender cachemir en su estado puro principalmente a comerciantes chinos en la década de los 90. Los productores afganos han estado vendiendo cachemir durante más tiempo. En comparación con China y Mongolia, los productores afganos y centroasiáticos venden su cachemir sin clasificar y a precios relativamente bajos. Los comerciantes no ofrecen a los productores precios diferenciados según la calidad. Los precios comerciales a nivel mundial son altamente sensibles a la calidad. Por lo tanto, los productores pierden un valor potencial. Se facilitan resúmenes de las pruebas realizadas para determinar la calidad del cachemir a partir de muestras obtenidas de 1592 cabras en 67 zonas y 221 aldeas entre 2003-2008. Existen cabras de Cachemir en dichas zonas que producen esta fibra de la más alta calidad, típico del cachemire chino y mongol. Queda margen para aumentar la producción, el valor comercial, y los ingresos para los productores, gracias al cachemir producido por las cabras centroasiáticas.

**Palabras clave:** *Afganistán, cachemira, cabras, Kazajstán, Kirguistán, Tayikistán*

---

Submitted 9 August 2009; accepted 25 August 2009

## Introduction

There has been a global trend for goat populations to increase relative to large ruminants and sheep. Over the last two decades, goats have become relatively more prevalent in the low-income countries of the less developed world. Goat populations increased by 70% from 1980 to 2000, compared to 31% for sheep and 35% for cattle (Boyazoglu *et al.*, 2005).

Cashmere is the seasonally grown and shed undercoat of the goat (*Capra hircus*), that is produced by domestic (as well as wild) goats in cold winter climates. It is a fine warm fibre underneath the rough outer protective (guard) hair of the goat. Cashmere-producing goats are not a special breed, although the quality and amount of cashmere can be increased through breeding. The inner and central Asia regions are considered to be the origin of the world's domesticated cashmere-producing goats (Millar, 1986).

World annual production of greasy (raw and unprocessed) cashmere is estimated at 15 000 to 20 000 tonnes, that is equal to 6 500 tonnes after scouring and dehairing (Food and Agriculture Organization [FAO], 2009). China produces approximately 60–70% of the world's cashmere, followed by Mongolia with around 20%. Most of China's domestically produced and imported raw cashmere is shipped after intermediate processing to fabric and garment makers in Italy, Japan, Korea and the United Kingdom (Schneider Group, 2008). The Chinese and Mongolian textile industry has also increasingly produced cashmere garments for export (Lecraw, 2005).

Raw cashmere fibre comprises a mixture of an undercoat of fine cashmere fibres down and coarse outer guard hair. For the international cashmere industry, quality is primarily determined by the diameter, length and colour of the cashmere fibres (Schneider Group, 2008). Fibre diameter is measured in micrometres microns ( $\mu\text{m}$ ). World cashmeres are judged against the industry standard of Chinese white, that accounts for about half of all cashmere produced in the world. The Chinese National Standard has set the upper limit for the mean fibre diameter (MFD) of cashmere at  $16.0 \mu\text{m}$  (+0.5); the trade organisations of the United States, Europe and Japan have set higher diameter thresholds of up to  $19 \mu\text{m}$  (Cashmere and Camel Hair Manufacturers Institute, 2009; Phan and Wortmann, 2000) although some processed cashmere tops have a fibre diameter of  $19$  to  $20 \mu\text{m}$  (McGregor and Postle, 2004). In addition to fibre diameter, cashmere buyers also have tight specifications for quality based on the diameter distribution of fibres in the fleece, degree of crimp, colour and lustre. Most cashmere processors, for example, spinners, weavers and knitters, buy fibre with an upper mean diameter of  $18.5 \mu\text{m}$ . For high-quality goods there is a preference for finer fibres such as cashmere with a mean of less than  $16.5 \mu\text{m}$  and particularly those fibres with a mean of less than  $15.5 \mu\text{m}$ .

In 2008 and 2009, prices for raw cashmere across the world were lower than in the 10 previous years

(Schneider Group, 2008). This was due to several factors. The slowdown in some major economies, for example, the United States, Europe and the Far East, led to a reduced demand among consumers for luxury products such as cashmere garments. Therefore, Chinese and European factories had fewer orders for raw cashmere. Chinese banks limited their credit supplies to businesses, that had previously been on generous terms, resulting in a credit squeeze for Chinese companies purchasing raw cashmere from sources such as Central Asia.

## Cashmere goats in Afghanistan

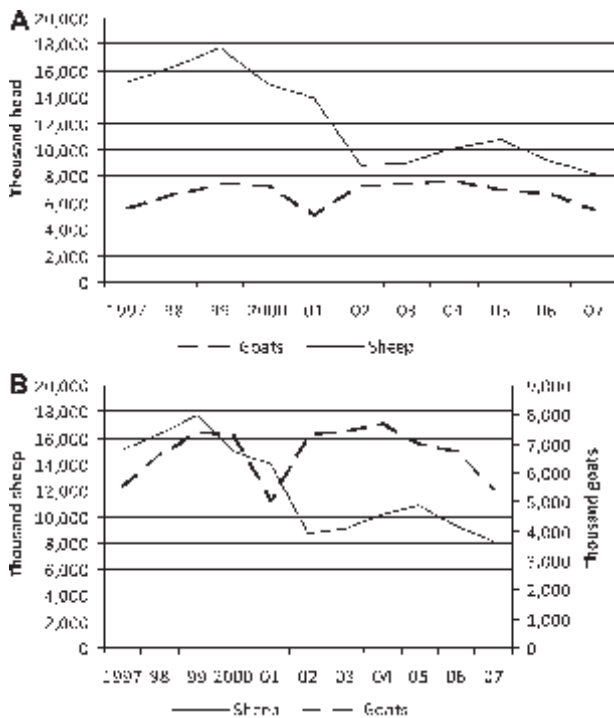
In spite of the years of war, Afghanistan is still among the major producers of raw cashmere and is third in the world after China and Mongolia. Eighty percent of goats kept in Afghanistan are estimated to be the native *watani* (local) breed, that is a cashmere-producing goat (Thieme, 1996). The Kabuli, Kandahari and Tajiki *watani* breeds are small sized black goats which represent more than 75% of the Afghan goat population (Ulfat-un-Nabi and Iqbal, 1999).

It has been estimated that the total export of Afghan cashmere, including fleeces, is well above 1 000 tonnes/year (Altai Consulting, 2005). According to an FAO Agricultural Census (2003), Afghanistan had around 7.6 million goats in 2004, but this census did not include the livestock of most nomadic Afghan pastoralists (De Weijer, 2007). According to long-term FAO data (Figure 1), the number of goats has been rising continuously since the late 1980s, with dips associated with drought, and increased by 2.5 times by 2004 and then dropped to 5.4 million by 2007 (FAOstats, 2009).

The rise in the numbers of goats relative to the other main livestock species could be due to several factors. Native goats have a better rate of survival during droughts or other forms of climatic stress; for example, this has been noted in Mongolia. In the drought-prone arid and semi-arid regions of the less developed world, pastoralists are now keeping more goats as a proportion of large ruminants (Peacock, 2005). Another reason may be that as rural Afghans endured increasing unsettled economic conditions in the past decades, they turned more to goats to alleviate poverty; goats reproduce faster than the other ruminant species, and their meat is readily marketable. Furthermore, goats are often the species of choice for families with labour constraints. Goats have a lower human labour requirement for herding because of their more diverse dietary selection and the efficiency of their digestion. This means that small children can be entrusted to oversee goats in pastures that are often nearer to home.

Most cashmere in Afghanistan is reportedly collected in the northwest provinces and exported through Herat (Altai Consulting, 2005; Kerven and Redden, 2006; De Weijer, 2007). However, the results of tests carried out





**Figure 1.** Goat and sheep populations in Afghanistan, 1997–2007. Part A sheep and goats on one axis and part B sheep and goats on two axes. Source: FAOStats (2009).

(Kerven and Redden, 2006) from other provinces across the country indicate that most other provinces had finer quality cashmere than the northwest (see Table 1).

All of the samples which were examined were fine or very fine, with 84% under 16.  $\mu\text{m}$ . The overall mean was 14.1  $\mu\text{m}$ , with values ranging from 10.8  $\mu\text{m}$  to a maximum of 19.2  $\mu\text{m}$ . The means for provinces ranged from 12.8  $\mu\text{m}$  (Baghlan) to 16.3  $\mu\text{m}$  (Herat). This is high quality as defined by international markets. Very fine diameter Afghan cashmere from those provinces is valued in international markets.

The knowledge among international buyers of the quality of cashmere from goats in Afghanistan has been sparse

**Table 1.** Cashmere test results from Afghanistan in 2006.

Province	No. samples	MFD ( $\mu\text{m}$ )	SD	Average cashmere yield (%)
All Animals	373	14.1	3.2	31
Badakhshan	110	13.1	3.1	51
Badghis	48	14.8	3.3	26
Baghlan	21	12.8	2.8	12
Faryab	28	14.2	3.3	24
Ghazni	9	15.0	3.0	21
Herat	63	16.3	3.4	29
Kabul	8	13.2	3.0	15
Kandahar	62	13.8	3.1	20
Takhar	23	12.9	2.7	14

Note: MFD, mean fibre diameter; SD, standard deviation. Cashmere yield is (cashmere weight/sample weight).

Source: Kerven and Redden (2006).

and unrepresentative of the national herd. Afghan cashmere is often exported to Iran from Herat, the main collection centre in western Afghanistan. In 2006, about 30% was recorded as going to Iran (De Weijer, 2007). In Iran, Afghan cashmere is combined with lower-quality Iranian cashmere before further re-export. Iranian cashmere is generally of lower quality than Afghan local breeds. The MFD of three Iranian local breeds (Raeni, Nadoushan and Birjandi) ranged from  $17.92 \pm 1.71$  to  $17.09 \pm 0.88$  to  $18.83 \pm 1.99 \mu\text{m}$  (Ansari-Renani, 2007). Afghan farmers and pastoralists received from US \$14 to \$20/kg in 2006 and higher prices of between US \$16 and \$22/kg in 2007. By 2009, cashmere prices paid to producers were on average US \$16/kg (Dal Grande, 2009).

Only around 30% of the Afghan cashmere goats are currently being harvested (De Weijer, 2007). Lack of market participation by producers in regions other than the northwest might be attributable to poor links to domestic traders. There could be scope to expand cashmere production over the entire country, that would present Afghanistan with a large, mostly untapped resource and would generate increased export, household income, rural enterprise and employment opportunities.

Two types of cashmere exist in Afghanistan: the more expensive spring cashmere (*bahari*) combed from live animals during spring and the cheaper skin cashmere manually extracted from the skins of slaughtered animals. The exporters tend to blend the two types together to produce an average product for an average price. International (mostly European) buyers prefer the qualities to be kept separate, with prices dependent on quality.

There is a lack of testing and processing capacity within Afghanistan, that severely hampers commercial potential at present. Sorters employed by the Herat traders manually separate the valuable cashmere from the coarse outer hair. The sorted and manually de-haired cashmere is mostly exported to Belgium, often via Iran. Belgium has the only large-scale European facility for disinfecting raw animal fibre, that is particularly important for cashmere originating in Afghanistan because of the risk of anthrax. Chinese buyers are increasingly entering the Afghan market (Altai Consulting, 2005; Dal Grande, 2009).

## Cashmere goats in Central Asia

The biological and productive traits of Central Asian goats were last thoroughly investigated during 1928–1933 by an expedition from the Academy of Sciences of the USSR (Eidrigovich, 1951). During the Soviet period, a wide-scale programme of goat cross-breeding was started in 1936 in all of the Central Asian countries (Millar, 1986; Dmitriev and Ernst, 1989). The primary breeding aim was to increase the down yield per head in order to increase the total output of down from the newly established state collective farms in the 1930s. The indigenous goats had fine down but yielded

relatively low amounts (Aryngaziev, 1998a). A secondary breeding aim was to increase the down length, because native breeds produce short length down.

Goat down was processed and the products distributed internally within the Soviet Union, where there was a demand for the warm fibre because of the coldness of the winters. Up to the end of the Soviet period, there was no incentive for breeders to produce down to meet the international standards of cashmere. Instead, Soviet breeders developed their own standards for goat down quality, in accordance with their industrial requirement and domestic markets of the USSR.

The Soviet cross-bred fibre goats in Kazakhstan, Kyrgyzstan and Tajikistan produce the type of down termed 'cashgora', that often refers to the product of crossing cashmere goats with Angora goats (Phan and Wortmann, 2000). The cashgora produced by the Soviet cross-bred goats has a coarser fibre diameter as well as mohair characteristics of more shininess or lustre and less waviness or crimp, characteristics often unacceptable to cashmere manufacturers, especially those marketing high-class products. Some cashgora can have more intermediate fibres, which make adequate mechanical separation of down from guard hair difficult in the processing. World demand for cashgora is limited.

In 2000, during a field assessment of livestock product markets in Central Asia, Prof Angus Russel, who developed the Scottish cashmere goat breed at Macaulay Institute, United Kingdom, noted that the native Kazakh goat produces cashmere (Kerven *et al.*, 2002; see Figure 2). In Soviet Central Asia, national researchers and producers, who were isolated from international markets, had not appreciated the potential worth of this cashmere.

Field studies since 2000 have found that the native strains of domestic goat are still maintained in a few isolated

pockets of Kazakhstan, Kyrgyzstan and Tajikistan, where the Soviet cross-breeds were never introduced or have since disappeared. Tests have been carried out on the cashmere quality of these native goats. Summaries of the test results are presented in this paper.

In late winter to early spring, villages in each district were sampled for geographical spread and distance from the main towns. Samples were collected from farmers' goat flocks, consisting of fleece containing guard hair and cashmere taken from the mid-side site by cutting the fibres from a 10-cm<sup>2</sup> square at skin level. Sampling was timed to coincide with the maximum cashmere growth prior to the seasonal moult.

The results indicate that many of these animals could be highly desirable as cashmere breeding stock, because some regions and some flocks have fine diameter down which, if marketed correctly, could fetch much higher prices, benefitting both producers and local industries.

### Cashmere goats in Kazakhstan

The goat population of Kazakhstan was 40% of all goats in the early Soviet Union, the highest of any Soviet Republic, with an estimated 4 million goats in 1928. However, goat numbers in Kazakhstan began to decline in 1955 from 2.7 million to 0.5 million in 1968 (Aryngaziev, 1998a). This was due to a renewed state planning emphasis on sheep production in Kazakhstan from the early 1950s (Zhambakin, 1995). During the Soviet period, the main official attention to small stock was directed at breeding new sheep breeds adapted to specific ecological regions and introducing these en masse to state collective livestock farms (Matley, 1989).

With the expansion of the wool industry, the government prohibited the keeping of goats in these more favoured



**Figure 2.** Combing cashmere from a native cashmere goat in Kazakhstan. Photo: Carol Kerven.

wetter regions to prevent the contamination of sheep wool with coarse goat fibres. Consequently, the genetic resources of Kazakh native goats have been much better conserved in the more arid regions where goat production was not banned and goats were kept privately by state farm employees.

The passing of the Soviet Union and the subsequent emergence of a market economy has had ramifications extending to the most remote deserts of Kazakhstan, the domain of livestock producers and pastoralists (Kerven, 2003a).

In Kazakhstan, goat populations have been rising over the past two decades since independence from the USSR, from 700 000 in 1992 more than 2.5 million in 2007 (Figure 3). This is an increase of 275% in the 15-year period.

Goats are preferred by poorer farmers trying to restock because of the steep and disastrous reduction of sheep numbers from 34 million in 1992 to 10 million in 1997 (Behnke, 2003; Kerven *et al.*, 2005). The relatively sharp increase in goat populations in Kazakhstan and Kyrgyzstan started in the mid-1990s when state livestock farms were rapidly dissolved and state subsidies to the livestock sector ceased. As sheep were bartered away in the economic crisis of this period, they became scarce, expensive and thus unobtainable for the many newly poor villagers who had suddenly lost their jobs in the state organisations. Poorer households started to keep goats as an alternative to sheep. Experienced Central Asian livestock owners claim that their native goats reproduce faster than local or interbred sheep, and some goats produce twins, kid twice per year, or both. Data collected quarterly from 2001 to 2003 in a household survey of five villages in southeast Kazakhstan (DARCA, 2003) shows the higher rate of goat reproduction compared to sheep,

because the annual number of offspring per doe was significantly greater at 1.29 than per ewe at 1.09 (SE = 0.031 and  $p < 0.001$ ). As a Kazakh expression states, 'If you are really starving, you have to keep goats' (Global Livestock Collaborative Research Support Program [GL CRSP], 2006).

### Soviet breeding programmes for downy and cashmere goats

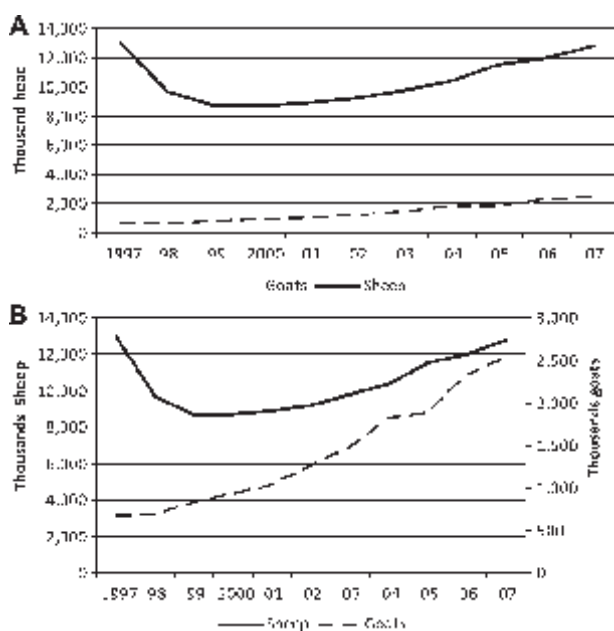
A 1971 government resolution ordered the development of goat breeding and production again.

To increase down productivity in Kazakhstan, several cross-bred lines were developed using Russian, US and Asian cashmere goats with native goats. There are two main types of Russian cashmere goat – the Don and Orenburg (Porter, 1996). The Don goat from the lower Don and Volga river valleys has a high down fleece weight of 500 g to 1.5 kg for does, with a fibre diameter ranging from 16 to 25  $\mu\text{m}$ , averaging around 19  $\mu\text{m}$  (Millar, 1986) The fibre coarser than 19  $\mu\text{m}$  would be regarded as cashgora. The Orenburg goat has finer down than the Don, with an average fibre diameter of 15  $\mu\text{m}$  but lower fleece weight at 250–400 g. The Gorno Altai goat from the mountainous country between Mongolia, Russia and China was also used to improve fibre production in Kazakhstan. This is another high-fleece weight cashmere breed, producing 600–900 g of down with diameters between 16 and 17  $\mu\text{m}$ . Lastly, Angora goats were imported from Texas, United States, into Kazakhstan as early as 1936. These were crossed with native breeds and with the Don, Orenburg and Gorno Altai breeds to create several new lines in Kazakhstan.

Some cross-bred lines with Angora proved unsatisfactory for the extreme climatic conditions of Kazakhstan and the other Central Asian countries (Aryngaziev, 1998a). By 1962 the Soviet Mohair breed had been developed which had some of the hardiness of native Central Asian goats as well as higher down production. However, the diameter of the down had been increased to between 17.4 and 19  $\mu\text{m}$  in females (Dauletbaev and Aryngaziev, 1978, 1980) compared to the native Kazakh goat which had fibre diameters ranging from 15.9 to 16.5  $\mu\text{m}$  for females (Millar, 1986; Aryngaziev, 1998b).

The Soviet Mohair breed was widely introduced into the state livestock farms in Kazakhstan and the other Central Asian Republics during the 1970s and 1980s. The descendants of these animals, referred to as 'Angorski' type, are still now commonly found in private shepherds' flocks except in the driest southern and western regions where they do not thrive (see Figure 4).

Throughout the Soviet period, the intrinsic commodity produced by native goats that were traditionally kept by Kazakh pastoralists was discounted, although the hardiness of the native goat was used as a foundation for several new



**Figure 3.** Goat and sheep populations in Kazakhstan, 1997–2007. Part A sheep and goats on one axis and part B sheep and goat on two axes. Source: FAOStats (2009).



**Figure 4.** 'Angora' type Soviet mohair goat, 2001. Photo: Carol Kerven.

breeds to meet state production objectives (Dmitriev and Ernst, 1989). It is only since the passing of the Soviet Union that pastoralists have turned back to their native breeds, and it is fortuitous that these same breeds may provide a basis for developing national cashmere industries.

### Market development of cashmere in Kazakhstan

The early 1990s, after the state agricultural production and distribution system abruptly ended, brought chaos at all levels – the shepherds on the rangelands, the markets for livestock products and the research infrastructure (Kerven, 2003a). By 2000, raw cashmere began to be purchased from farmers and pastoralists by enterprising Chinese and Turkish traders venturing into the remote regions of Kazakhstan's hinterland (Kerven *et al.*, 2005).

Farmers now generally sell the whole sheared fleece, including rough outer hair containing the cashmere down. Combing the cashmere out is preferable from a processing standpoint, as shearing fleeces reduces the length of the cashmere fibres and native Central Asian goats tend to have cashmere which is already rather short for processing. However, combing goat down is somewhat of a lost art in the Central Asian rangelands. Traders and processors then have to manually sort and extract the cashmere from the whole shorn fleeces. Local village traders do not know the difference between good and bad quality goat fibre. They seek to buy everything regardless of quality and sell to bigger traders who make more profit by sorting the cashmere before selling to industrial processors. One medium-size trader in Kazakhstan with experience of the Mongolian cashmere industry remarked about Kazakh goat farmers: 'If only they knew how much money we make by sorting their fibre'. A livestock farmer who had recently emigrated from China to a desert village in Kazakhstan commented, 'In China, this goat down is very expensive but here in Kazakhstan people don't

know about down so they shear, mix together and sell everything at a low price' (GL CRSP, 2006).

### Quality testing and commercial potential of Kazakh cashmere

In spring of 2006, Kazakh goat researchers collected cashmere samples in southeast, south and west Kazakhstan (GL CRSP, 2006). These regions are known to contain the greatest proportion of native goats and the least numbers of introduced Angora-type cross-breeds (Aryngaziev, 2005). The researchers took mid-side samples in each of three private farms within 20 districts in six provinces (Oblasts). The results are provided in Table 2.

Cashmere quality varies between provinces and districts and from very coarse (not normally considered true commercial quality) cashmere to very fine, highly desirable cashmere. The western provinces of Aktube and Atyray have Orenburg goats, which do not produce cashmere as defined internationally. In the provinces of South Kazakhstan and Almaty, some Angora cross-bred goats were introduced to state livestock farms in the Soviet period. However, in Kyzyl Orda province, a semi-arid region in the southwest, almost no other exotic goat breeds have been introduced and a relict population of native goats remains. This province had the finest cashmere (mean = 15.4  $\mu\text{m}$ ) across the sample in 2006. Within the four sampled districts of Kyzyl Orda, one district had a mean of 14.9  $\mu\text{m}$  (10 samples).

The weights of combed cashmere per goat were assessed from 50 adult goats in farmers' flocks from the provinces of Kyzyl Orda, Almaty and South Kazakhstan (GL CRSP, 2006). The average weight was 101 g, with a range from 44 to 272 g. These weights are quite low in comparison to cashmere goats bred by Chinese and Mongolian researchers. Low harvest weights mean less income from each goat and discourage farmers from harvesting their cashmere.

In Kazakhstan the results indicate that, as expected, the quality of cashmere is higher in those regions where native goats have not been bred in the past with Angora mohair types. In the drier semi-desert regions, past efforts had failed to introduce these breeds to the state farms in the 1980s (Aryngaziev, 2005). According to interviews with pastoralists in these drier regions, the new breed did not thrive in the desert conditions and could not keep up with other livestock breeds on the long migratory journeys to seasonal pastures. Farmers in some of these regions stated that they are trying to eliminate the Soviet Angoras from their private flocks (GL CRSP, 2006).

### Cashmere goats for Kazakh livelihoods

Farming households which have less livestock and are located in the drier zones of Kazakhstan are more reliant on goats and on selling cashmere from these goats. A

**Table 2.** Cashmere fibre diameter from sample of 129 goats in southwest Kazakhstan.

Province	No. samples	Fibre diameter ( $\mu\text{m}$ )				
		Max.	Min.	Mean	SD Mean	CV Mean
Aktube	10	20.3	14.7	17.3	3.9	22.4
Atyray	6	17.9	14.8	16.1	3.3	20.7
West Kazakh	16	19.0	14.9	17.3	3.7	21.5
Kyzl-Orda	41	17.0	12.4	15.4	3.3	21.7
South Kazakh	47	20.6	14.0	16.7	3.5	21.2
Almaty	9	19.4	15.8	17.1	3.5	20.7
Overall		NA	NA	16.4	3.5	21.4
Female	111	20.6	13.1	16.5	3.6	21.5
Male	18	19.1	12.4	15.7	3.3	21.2

Note: SD, standard deviation; CV, coefficient of variance; NA, not available.

Source: GL CRSP (2006).

sample of 45 livestock-owning households was surveyed over eight quarterly rounds from 2001 to 2003 in six villages of southeast Kazakhstan covering higher and lower precipitation zones (DARCA, 2003; Kerven *et al.*, 2003). Larger flock owners kept mainly sheep. Household wealth is mainly defined in the semi-arid rangelands by flock size, as crop agriculture cannot be carried out because of low precipitation and lack of irrigation, and local wage employment opportunities remain very scarce.

The ratio of goats to sheep in small flocks increases with aridity. Two of the sample villages were located in the desert zone with 130 mm of annual precipitation, where the percentage of goats in all flocks rose to 49%. In the two villages within the semi-desert, that has more annual precipitation (350 mm), the percentage of goats in all flocks was 33%. However, this dropped to 19% among all flocks in the more lush pasture areas of the mountain foothills with annual precipitation of 450–650 mm, depending on altitude, where crop farming is widely practiced and proximity to the main city of Almaty provides cash employment opportunities.

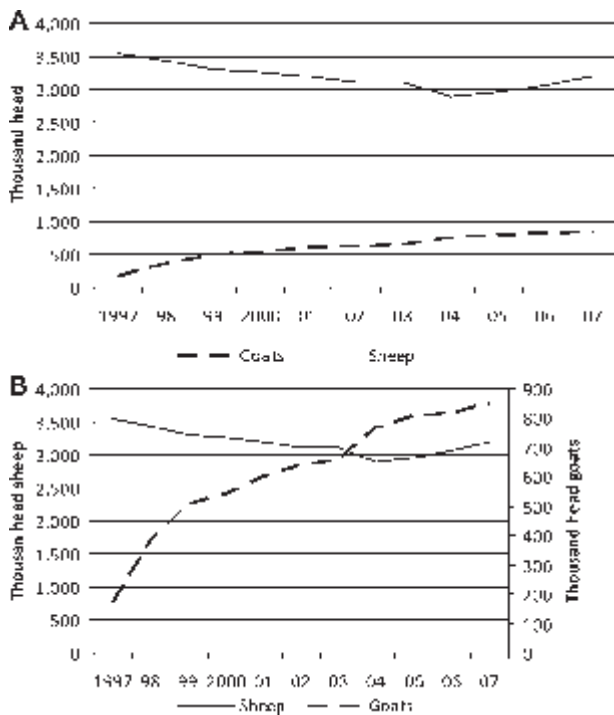
In another survey of 60 households in three small villages in the semi-arid region (annual precipitation of 150 mm) of Kyzl Orda province in southwest Kazakhstan, the pattern of goat ownership according to wealth (i.e., herd size) is even clearer (GL CRSP, 2005). The ratio of goats to sheep increases in smaller flocks. Almost a quarter of the households only owned goats, predominantly among the households with smaller flocks. Smaller flock owners gained proportionally more income from goats, because they depend more upon them, according to the results of this survey. The poorest households had between 1 and 20 small stock and obtained 32% of their livestock cash income from goats, with 11% (mean = \$21) of cash income from selling cashmere. Seventy percent of households had medium-sized flocks with 21–100 small stock and obtained 38% of their cash income from goats, with \$63 from cashmere sales. Households with the largest flocks of more than 500 small stock gained \$154 from cashmere sales.

The desert ecological regions where native goats produce good quality cashmere are among the most economically disadvantaged in Kazakhstan. According to UNDP Human Development indices, these semi-arid regions are classified as ‘low potential’, with higher proportions of people living below the poverty line and lower per capita incomes, than other climatically better-favoured regions. The desert villages receive little assistance from the state, that is due to their low population density, remoteness and little obvious capacity for generating wealth.

In the province of Kyzl Orda in southwest Kazakhstan, combed cashmere was selling at US \$30 to \$40/kg in spring 2006 (GL CRSP, 2006). Given the average weight of combed cashmere per local goat, the annual harvested value per goat to a farmer would be US \$3.30 to \$4.40. A poorer farmer owning a typical flock of only 10 goats could expect to receive US \$33 to \$44 for their cashmere, more than the market price for an adult goat in the district towns. By contrast, sheep in this region produce only coarse wool, that fetches only a few cents per kilogram and is often not sold at all. A farmer in the semi-arid rangelands would need 90 sheep to gain the same *annual* income as from 10 cashmere goats.

### Cashmere goats in Kyrgyzstan

The goat population in Kyrgyzstan was 850 000 in 2007 (FAOSTats, 2009). By comparison, the sheep population in 2007 was 3 198 000 (Figure 5). There has been an increase of almost 400% in the goat population in 10 years. However, a recent small sample assessment in 12 villages in two districts of southern Kyrgyzstan (Osh province) indicates that goat numbers are between three and five times higher than official district counts (Kerven and Toigonbaev, 2009). Local village officials and farmers in this study region acknowledge that village goat populations are routinely under-enumerated, as farmers have to pay a higher head tax per goat compared to sheep.



**Figure 5.** Goat and sheep populations in Kyrgyzstan, 1997–2007. Part A sheep and goats on one axis and part B sheep and goats on two axes. Source: FAOStats (2009).

The mean flock size of goats among households in these two districts of Osh province is 7.7 (Kerven and Toigonbaev, 2009). In these two districts, 54% of sampled farmers with small stock (sheep and goats) had between 1 and 10 head and 27% had between 11 and 20 head (Mountain Societies Development Support Programme [MSDSP], 2006). Forty percent to 50% of the small stock in these flocks were goats.

The local Kyrgyz cashmere goats are in danger of disappearing. As in Kazakhstan and the other central Asian

countries, during the Soviet period a new breed of goat was developed and widely introduced into state collective farms in Kyrgyzstan. This was the Don–Kyrgyz down breed, from crossing the local Kyrgyz goat with the Don breed from Russia. Dmitriev and Ernst (1989) recorded that Don–Kyrgyz cross adult females had down MFD of 16.6  $\mu\text{m}$  and a harvest of 360 g. Adult males had coarser down with an MFD of 18.1  $\mu\text{m}$  and 550-g harvest. By contrast, native (not Don crosses) goats of southern Kyrgyzstan sampled in 2008 had an MFD of 15.7  $\mu\text{m}$  and harvest of 164 g combed cashmere (McGregor *et al.*, 2009). The Don breed's fibre was and still is exported for use as dense Siberian shawls, which are still in demand in Russia.

The fibre from the introduced breeds is coarser than the local Kyrgyz goats and the Don has dark coloured fibres, which is less attractive to cashmere buyers. This breed was widely distributed to northern Kyrgyz collective farms, but it did not reach the extreme southern regions of the Pamir mountains, bordering with Tajikistan, where villages are located at altitudes between 2 000 and 3 200 m above sea level (Kerven *et al.*, 2008). There the local Kyrgyz goat has continued to flourish in village flocks, and it has only recently been evaluated as having very fine cashmere (McGregor *et al.*, 2009).

Descendants of the original Don–Kyrgyz crosses have now spread into areas of northern and central Kyrgyzstan such as Naryn province, where goats were sampled in 2008 (see Figure 6; McGregor *et al.*, 2009). However, the Don–Kyrgyz crosses were not generally successful in the far southern districts of the Pamir mountains in Osh province because of the high altitude and extreme climate.

Buyers from China and other countries started coming to Kyrgyzstan every spring in the late 1990s to buy cashmere from farmers and pastoralists. They only



**Figure 6.** Kyrgyz Don goat, Alay District, Osh province. Photo: Carol Kerven.

**Table 3.** Producer prices for cashmere in Osh, southern Kyrgyzstan, in 2004–2009.

Year	Farm gate price/kilogram (raw, greasy) (US \$)	
	Sheared whole fibre (fleece)	Combed down
2004	1.9–3.5	7
2006	6.9–7.4	19.2–22
2007	8.2–9.6	22–27.4
2008	5.47–5.5	16.4–16.5
2009	3	7

Source: Kerven and Toigonbaev (2009).

reached the remote villages of the Pamir mountains in about 2004.

At first the Chinese buyers purchased goat down from northern and central Kyrgyzstan, but the buyers did not offer producers any price incentives to sell finer diameter or white cashmere and only paid by weight sold. Although the Don goat breed was not maintained in a pure form after the state farms were dissolved in the mid-1990s, farmers in central and northern Kyrgyzstan started buying and crossing this Don type with their native cashmere goats as the Don–Kyrgyz cross produces much more down per animal, that brings a higher total sale amount per flock. The motivation of the farmers is that because traders buy down by weight rather than quality, farmers prefer to have goats which produce more quantity of down per animal. Flocks are often small and most villagers are poor, so every gram counts when selling fibre at prices fluctuating each year from US \$15 to 25/kg to small-scale middlemen who buy everything regardless of quality.

Producers are not paid according to quality and they are not aware of the high international value of good quality cashmere, so the number of local cashmere goats is decreasing. This represents the loss of a genetic resource which is part of Kyrgyzstan's natural heritage and of significance to world cashmere research and commercial organisations. Very fine cashmere is rare in the world, and Kyrgyz villagers are losing an opportunity – perhaps forever if their own breeds are not preserved – to gain better prices for their cashmere. Meanwhile, the reputation of Kyrgyzstan 'cashmere' is declining, as the few European buyers who have purchased in northern and central

Kyrgyzstan are increasingly offered low quality 'cashgora' from the Don-local crosses, that do not have the desired commercial characteristics of true cashmere.

Shifts in world events played out in the mountain villages of Kyrgyzstan, as the economic downturn caused a depression in demand for cashmere (Table 3).

### Quality testing and commercial potential of Kyrgyz cashmere

Cashmere from Kyrgyz goats has not been assessed previously. In spring 2008, samples of fibre were taken from 1 023 goats sampled from 156 farmers' flocks in a total of 51 villages within five districts (Osh province and Naryn province). A sub-set of the samples was tested in a US fibre laboratory. Full results are given in McGregor *et al.* (2009; see Table 4).

A low standard deviation indicates cashmere with low variability in the range of fibre diameters, that results in even yarn and an even surface finish on garments. A low standard deviation increases the value of the product and is thus a desirable characteristic of the cashmere fibre. The curve degree per millimetre is a measure of fibre curvature, an objective measurement of cashmere fibre crimp (McGregor, 2007) associated with fibre diameter. Greater degrees of curvature are therefore likely to be more in demand for higher-priced garments.

Cashmere quality was different in the southern districts of Osh province compared to the central and eastern districts of Naryn province. The differences have large commercial importance (McGregor *et al.*, 2009). Cashmere from the sampled districts of Osh province had an MFD similar to premium cashmere from China whereas cashmere from Naryn province would be less preferred for traditional hosiery textiles.

The results in Table 4 indicate that Don–Kyrgyz cross-bred goats are widespread in Naryn; these are predominantly black and have coarser (higher diameter) cashmere. In the southern Osh region, although Don–Kyrgyz goats were introduced in the Soviet period, there is still a relatively large population of native Kyrgyz goats of mixed colours and many white, with a lower (finer) fibre diameter. These goats of the Pamir mountains of Osh province are therefore more commercially valuable.

**Table 4.** Cashmere test results from 760 goats sampled in Osh and Naryn provinces, Kyrgyzstan, in 2008.

District	No. samples	MFD (µm)	SD	CV	Curve (deg/mm)	Black (%)	White (%)	Other colours (%)
Naryn	162	16.4	3.3	20.2	56.3	79	13.8	7
Atbashy	108	16.7	3.3	19.5	56.4			
Jungal	162	16.7	3.2	19.0	53.9			
Alay	260	15.8	3.0	18.8	60.2	40.4	28.9	30.8
Chong Alay	68	15.6	3.1	18.9	58.7			

Note: MFD, mean fibre diameter; SD, standard deviation; CV, coefficient of variance.

Source: McGregor *et al.* (2009).

## Cashmere goats for Kyrgyz livelihoods

In the districts of Osh province in southern Kyrgyzstan where this survey was undertaken, villagers and local officials confirm that goats have recently become more popular, noting that goat numbers are growing faster relative to sheep (Kerven, 2004; Kerven and Toigonbaev, 2009). Villagers reported that goats reproduce faster than sheep because they often kid twice a year and produce twins and are milked by families that have few or no cows. Goat milking was increasing. In some villages, goats were at least half of the small stock in flocks. It was reported that poorer families were trying to accumulate goats, that were cheaper to purchase than sheep, in order to build up their flocks. As families became wealthier, they exchanged goats for sheep through the markets, as sheep remain the preferred small stock species for those who can afford them.

There is a clear trend in southern Kyrgyzstan's mountainous regions for poorer households, defined by flock size and annual income, to have a higher proportion of goats than sheep in their flocks (MSDSP, 2006). For households owning between 1 and 10 small stock, 53% of their flocks were composed of goats. This was 32% ( $n=314$ ) of sampled households. The trend of goat ownership then declined according to wealth rank and number of small stock owned. Household flocks with 11–20 small stock had 39% goats, flocks with 21–50 small stock had 39% goats, flocks with 51–70 small stock had 28% goats and the largest flocks of 70+ small stock contained the least proportion of goats at 24%.

## Cashmere goats in Tajikistan

Tajikistan experienced a drop in both sheep and goat populations in the troubled period of the 1990s, with both populations now rising since 2002 as the national economy improves. The goat population has increased by 75% in the 12 years since 1997 (see Figure 7).

As in the other ex-Soviet states of Central Asia, a breeding programme was established to produce Angora-based goat breeds in the Soviet period (Karakulov, 2002). One new breed called Soviet (now Tajik) Mohair was widely introduced in the Sogd region in the northwest. Another breed called Pamiri Downy was bred from Angora, the Don (Russian Downy breed, discussed earlier) and local goat breeds and was introduced into Gorno Badakhshan (eastern Tajikistan). The mohair harvested from these goat breeds was in high demand in the USSR. There is still a market for this fibre. However, as in Kazakhstan and Kyrgyzstan, many Soviet-bred goats in Tajikistan have been inter-bred in the post-Soviet period with local Tajik goats, and the resulting fibre has much reduced quality and demand.

Starting in the late 1990s, traders from the bordering countries of China, Uzbekistan and Kyrgyzstan started to

barter with isolated Tajik villagers in the mountains, who exchanged their goat skins with the traders in return for basic commodities such as soap (Kerven, 2003a). The traders later extracted the cashmere from the goat skins. As in Kyrgyzstan and Kazakhstan, there have been no government or international donor programmes to promote cashmere market development for Tajik villagers.

In 2003, samples were taken of Tajik goat down from six districts in the mountainous regions of the Rasht Valley and Gorno Badakhshan and tested in the United Kingdom (see Table 5; Kerven, 2003b). Samples from the districts of Jirgital, Tojikobod, Rasht and Vanj were very fine, on average from 14 to 15.3  $\mu\text{m}$ . However, most of the samples from two other districts of Murgab and Shugnon in Gorno Badakhshan province would not meet the international fine cashmere standard, as they were above the preferred international fibre diameter because of the previous introduction of the Soviet Mohair breeds.

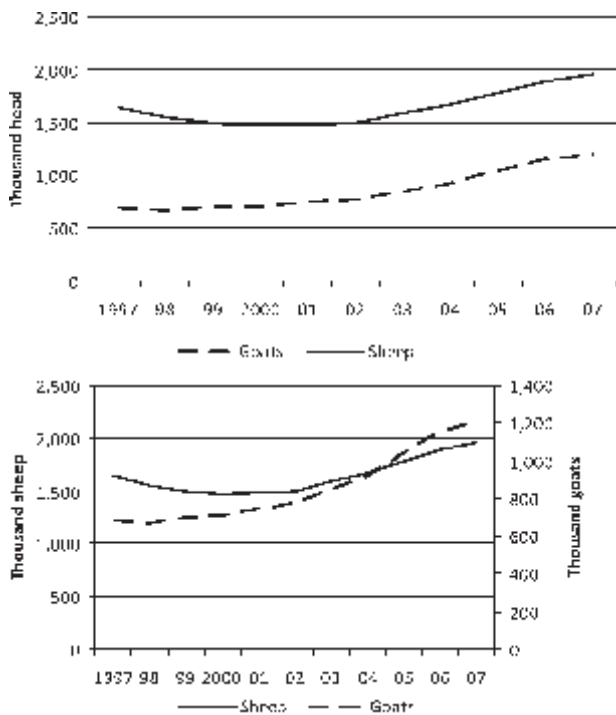
In another mountainous region of Zerafshan Valley, further samples were taken from goats in three districts in 2007 (Kerven and Redden, 2007). In Ayni District, the MFD was 14.3  $\mu\text{m}$  (65 samples) with a standard deviation (SD) of 2.9. Penjikent District's 68 samples had a mean diameter of 15.1  $\mu\text{m}$  with an SD of 3.0 (see Figure 8). Kuhistoni Mastcho District had the least fine results, with a mean diameter of 16.9  $\mu\text{m}$  from 54 samples, an SD of 3.3 and a longer length than is generally preferred for cashmere. Soviet Mohair goats had been introduced to Kuhistoni Mastcho district in the Soviet period. In terms of colour, 14% of samples were white and a further 25% light coloured. White and light colours are preferred by the cashmere industry as they can be dyed a range of colours without bleaching.

## Cashmere goats for Tajik livelihoods

Villages in the mountainous regions of Tajikistan have been impoverished since the breakup of the Soviet Union, with a subsequent civil war in the 1990s and into this decade. Household surveys found that, among the poorest households, goats are the dominant flock species and are more likely to be kept than sheep (Aga Khan Foundation [AKF], 2005). For those households owning between 1 and 10 head of small stock, 90% keep goats compared to 52% keeping sheep. This difference in proportions is significant ( $p<0.001$ ). In the case of those owning more than 10 animals the McNemar test is insignificant ( $p=0.125$ ), so there is no significant difference between sheep and goat ownership for families with more than 10 small stock.

In the Rasht Valley of the mountainous eastern part of Tajikistan, the general trend is similar, with the poorest village households likely to have goats but no sheep (AKF, 2004). Households in the lowest income quartile had a statistically higher likelihood of owning goats.





**Figure 7.** Goat and sheep populations of Tajikistan, 1997–2007. Part A sheep and goats on one axis and part B sheep and goat on two axes. *Source:* FAOStats (2009).

Thus, 88% of households in the group having between 1 and 10 animals had goats whilst 56% have sheep.

According to farmers and village leaders interviewed in the Zerafshan Valley (Kerven and Redden, 2007), poorer

**Table 5.** Cashmere fibre diameter from 142 goats sampled in Rasht Valley and Gorno Badakhshan, Tajikistan, in 2003.

Province and District	No. samples	MFD (µm)	SD
Rasht Valley			
Jirgital	16	14.0	2.5–3.6
Tojikobod	16	15.3	2.5–3.6
Rasht	16	15.3	2.5–3.2
Gorno Badakhshan			
Murghab	31	17.8	3.1–4.3
Shugnon	31	18.1	2.8–4.3
Vanj	32	14.6	2.4–4.0

*Note:* MFD, mean fibre diameter; SD, standard deviation.  
*Source:* Kerven and Redden (2003).

households prefer to keep goats rather than sheep. The reasons are that goats are cheaper to buy and cost less to feed over winter than sheep. Villagers explained that, as goats are browsers and can forage on bushes and a wider variety of plants than sheep, goats are kept in the high mountain pastures for longer periods (10 months) than sheep which have to be brought down in late autumn after 7 months in the mountains and then housed in sheds in the valley villages and fed on cut fodder over the coldest winter months. Preparation of winter feed is labour intensive and costly.

Prices in 2007 for cashmere sold by villages in remote high regions of Badakhshan (eastern Tajikistan) were US \$7/kg for combed and \$4.75/kg for shorn fleeces (Robinson, 2008). In northern Tajikistan, in proximity to cities in



**Figure 8.** Tajik cashmere goat, Zerafshan Valley (*Source:* Carol Kerven).

Uzbekistan, traders paid farmers up to US \$11.70/kg for combed cashmere in the same year. Farmers supplying combed and high-quality cashmere to traders in the city of Khojand (Tajikistan) received US \$17.50/kg (Kerven and Redden, 2007). This was a considerable increase from prices in 2001–2002 when villagers bartered a kilogram of cashmere for bars of rough soap from foreign traders (Kerven, 2003b).

## Conclusions

In Afghanistan, much of the cashmere available is not sold as producers are not linked into markets. In the former Soviet republics of Kazakhstan, Kyrgyzstan and Tajikistan, small-scale farmers are now looking beyond simply surviving; instead they are seeking new techniques, probing new markets and planning new investments. Selective breeding of the current local high-quality goat stocks can increase the value of cashmere produced, thereby benefitting low-income farmers and the revenues of national economies. Producers' new focus on goats provides an opportunity to introduce improved breeding stock at a time when the expansion of the national flock will multiply the impact of upgraded genetic material.

Laboratory tests show that there are cashmere goats in the sampled districts of Afghanistan and Central Asia which produce the highest qualities of cashmere by international standards. The vast majority of these samples are fine, have low variation in fibre diameter and have fibre curvature (crimping) typical of Chinese and Mongolian cashmere, which is the world standard for best quality (McGregor, 2004). Some of the native goats have very fine cashmere, and these animals could serve as a gene pool for national breeding programmes.

The results show that cashmere production has the potential to provide better income for livestock farmers. However, some farmers, villages and districts have better cashmere goats than others. As a first practical step, farmers need training in the identification of the finest cashmere bucks, ability to purchase such bucks and more information on commercial prices for better quality cashmere to motivate them to select the best bucks. Farmers should also be advised that goats should be sold or slaughtered that produce the coarsest cashmere, the least amount of cashmere and the least number of kids. Farmers need training about the relationship between cashmere crimp (fibre curvature) and MFD both for buck selection practices and for preparing cashmere for sale. These are visual characteristics that farmers can easily observe after receiving basic training in village workshops (GL CRSP, 2006; Kerven *et al.*, 2008).

National researchers and government officials concerned with livestock in Central Asia are not generally aware of the world market requirements and prices for cashmere,

but they have the mandate to inform producers on current market conditions and advise on methods for increasing the value and price of their cashmere. They therefore need training on these topics.

## References

- Aga Khan Foundation.** 2004. Mountain Societies Development Support Programme, Baseline survey of Gorno Badakhshan Autonomous Oblast, Tajikistan. <[www.untj.org/library](http://www.untj.org/library)>
- Aga Khan Foundation.** 2005. Mountain Societies Development Support Programme, Final Survey of Rasht Valley, Tajikistan for the Tajikistan Rural Poverty Reduction Project JFPR9008-TAJ. <[www.untj.org/library](http://www.untj.org/library)>
- Altai Consulting Ltd.** 2005. Market sector assessments – SME development, Chap. V. Altai Consulting, for UNDP Kabul.
- Ansari-Renani, H.R.** 2007. Follicle and fiber characteristics of Iranian cashmere goats. Paper presented at the 1st International Conference on Cashmere, Bishkek, Kyrgyzstan, February 2007. Animal Science Research Institute, Karaj, Iran. <[www.worldcashmere.com](http://www.worldcashmere.com)>
- Aryngaziev, S.** 1998a. *Theoretical and practical basis of crossing local rough wool goats in Kazakhstan*. Unpublished manuscript submitted to the 12 Kwarizmi Award, Tehran. Mynbaeva Sheep Breeding Institute, Almaty.
- Aryngaziev, S.** 1998b. Downy goats in Kazakhstan. European Fine Fibre Network 3, 13–15 June, Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen.
- Aryngaziev, S.** 2005. Personal communications, Deputy Director of Mynbaeva Sheep Breeding Institute, Almaty, Kazakhstan.
- Behnke, R.H.** 2003. Reconfiguring property rights and land use in pastoral Kazakhstan. In: C. Kerven (Ed.), *Prospects for pastoralists in Kazakhstan and Turkmenistan: from state farms to private flocks*. RoutledgeCurzon, London.
- Boyazoglu, J., I. Hatziminaoglou & P. Morand-Fehr.** 2005. The role of the goat in society: past, present and perspectives for the future. *Small Ruminant Research* 60, 13–23.
- Cashmere and Camel Hair Manufacturers Institute.** 2009. <<http://www.cashmere.org/cm/definition.php>>
- Dal Grande, M.** 2009. Personal communication, Director, Profibre Company, Germany.
- DARCA.** 2003. Unpublished data from Project on Desertification and Regeneration: modelling the impacts of market reforms on Central Asian rangelands. Funded by EC Inco-Copernicus, managed by The Macaulay Institute, Aberdeen, Scotland.
- Dauletbaev, B.S. & S. Aryngaziev.** 1978. Increasing the production of local coarse-wooled goats in Kazakhstan [in Russian]. *Sbornik Nauchnykh Trudov Kazakhskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Ovtsevodstva*, pp. 104–110.
- Dauletbaev, B.S. & S. Aryngaziev.** 1980. Yield and quality of undercoat in crossbred goats [in Russian]. *Rezul'taty Sovershenstvovaniya Porod Ovetov Kazakhstana*, pp. 139–140.
- De Weijer, F.** 2007. Cashmere value chain analysis Afghanistan. USAID Accelerating Sustainable Agriculture Program (ASAP), Kabul.
- Dmitriev, N.G. & L.K. Ernst.** (Eds.). 1989. Animal genetic resources of the USSR. Food and Agriculture Organisation (FAO) animal production and health paper no. 65, Rome.
- Eidrigovich, E.V.** 1951. Goats of Kazakhstan and Central Asia [in Russian]. Alma-Ata.

- Food and Agriculture Organisation.** 2003. Afghanistan: National Livestock Census 2003. FAO, Rome.
- Food and Agriculture Organisation.** 2009. IYNF cashmere <<http://www.naturalfibres2009.org/en/fibres/cashmere.html>>. Accessed 21 August 2009.
- Food and Agriculture Organisation.** 2009. FAOStat. Production: live animals. <<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>> Accessed 21 August 2009.
- GL CRSP.** 2005. Annual report WOOL. Global Livestock Collaborative Research Support Program, University of California, Davis, Davis, California, US. <<http://glcrsp.ucdavis.edu/publications/wool/AR2005-WOOL.pdf>>
- GL CRSP.** 2006. Annual Report WOOL. Global Livestock Collaborative Research Support Program, WOOL project, pp. 232–246. University of California, Davis, Davis, California, US. <<http://glcrsp.ucdavis.edu/publications/wool/AR2006-WOOL.pdf>>
- Karakulov, A.** 2002. Characteristics of sheep and goat breeds in Tajikistan [in Russian]. Tajikistan National Livestock Research Institute, Dushanbe. English translation by S. Malitsei, 2003.
- Kerven, C.** (Ed.). 2003a. Prospects for pastoralists in Kazakstan and Turkmenistan: from state farms to private flocks. RoutledgeCurzon, London.
- Kerven, C.** 2003b. Findings and recommendations for MSDSP Cashmere Development Programme. Report to the Aga Khan Foundation and Mountain Societies Development Support Programme, Tajikistan.
- Kerven, C.** 2004. Report on a consultancy on livestock development priorities, on behalf of the Aga Khan Foundation and Mountain Societies Development Support Programme, Kyrgyzstan, October–November 2004.
- Kerven, C., J. Laker & A.J.F. Russel.** 2002. The potential for increasing producers' income from wool, fibre and pelts in Central Asia. International Livestock Research Institute/Macaulay Institute, working paper no. 45, Nairobi.
- Kerven, C., I. Alimaev, R. Behnke, G. Davidson, L. Franchois, N. Malmakov, E. Mathijs, A. Smailov, S. Temirbekov & I. Wright.** 2003. Retraction and expansion of flock mobility in Central Asia: costs and consequences In: N. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. Kirkman, G.I.H. Kerley, C.R. Hurt & C.J. Brown Durban (Eds.), Proceedings of VII International Rangelands Congress. [Also published in African Journal of Range and Forage Science 21, 91–102, 2004.]
- Kerven, C., S. Aryngaziev, N. Malmakov, H. Redden & A. Smailov.** 2005. Cashmere marketing: a new income source for Central Asian livestock farmer, Global Livestock Collaborative Research Support Program (GL-CRSP), research brief 05-01-WOOL. <<http://glcrsp.ucdavis.edu/publications/cnp/0501WOOL.pdf>>
- Kerven, C. & H. Redden.** 2006. Cashmere in Afghanistan: quality assessment, comparative advantage and development options. Report to GRM International Ltd, London.
- Kerven, C. & H. Redden.** 2007. Cashmere in Tajikistan: quality assessment, training and development options. Report for the UN Development Programme and German Agro Action, Tajikistan.
- Kerven, C., B.A. McGregor & S. Toigonbaev.** 2008. Cashmere assessment and marketing in Osh and Naryn, Kyrgyzstan. Report for the Aga Khan Foundation Mountain Societies Development Support Programme (MSDSP), Kyrgyzstan.
- Kerven, C. & S. Toigonbaev.** 2009. Cashmere from the Pamirs: helping mountain farmers in Kyrgyzstan. In: P. Mundy (Ed.), Niche marketing of local livestock breeds. League for Pastoral Peoples and Endogenous Livestock Development, Germany. <<http://www.pastoralpeoples.org/>>
- Leecraw, D.** 2005. Mongolian cashmere industry value chain analysis. Economic Policy Reform and Competitiveness Project (USAID), Ulan Bataar, Mongolia. Chemonics International, Washington, District of Columbia, US.
- Matley, I.M.** 1989. Agricultural development. In: E. Allworth (Ed.), Central Asia: 120 years of Russian rule. Duke University Press, Durham, North Carolina, US.
- McGregor, B.A.** 2004. Quality attributes of commercial cashmere. *South African Journal of Animal Science* 34(5), 137–140.
- McGregor, B.A.** 2007. Cashmere fibre crimp, crimp form and fibre curvature. *International Journal of Sheep Wool Science*, 55, 106–129. <<http://sheepjournal.une.edu.au/sheepjournal/vol55/iss1/paper8>>
- McGregor, B.A., C. Kerven & S. Toigonbaev.** 2009. Sources of variation contributing to production and quality attributes of Kyrgyz cashmere: implications for industry development. *Small Ruminant Research* 84(1–3), 89–99.
- McGregor, B.A. & R. Postle.** 2004. Processing and quality of cashmere tops for ultra-fine wool worsted blend fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology* 16, 119–131.
- Millar, P.** 1986. The performance of cashmere goats. *Animal Breeding Abstracts* 54(3), 181–199.
- Mountain Societies Development Support Programme Kyrgyzstan.** 2006. Baseline household survey of Alai and Chong Alai (Kyrgyzstan). Osh. A project of the Aga Khan Foundation.
- Peacock, C.** 2005. Goats – a pathway out of poverty. *Small Ruminant Research* 60, 179–186.
- Phan, K-H. & F.-J. Wortmann.** 2000. Quality assessment of goat hair for textile use. In: R. R. Frank (Ed.), Silk, mohair, cashmere and other luxury fibres, appendix 10. The Textile Institute, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.
- Porter, V.** 1996. Goats of the world. Farming Press, Ipswich, UK.
- Robinson, S.** 2008. Personal communication. Former monitoring and evaluation officer, Gorno Badakhshan, Aga Khan Foundation, Mountain Society Development Support Programme, Tajikistan.
- Schneider Group.** 2008. Market indicators. <<http://www.gschneder.com/indicators/index.php>>. Accessed 24 June 2008.
- Thieme, O.** 1996. Afghanistan – promotion of agricultural rehabilitation and development programs (livestock production), report TCP/AFG/4552, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ulfat-un-Nabi, & K.M. Iqbal.** 1999. Role and the size of livestock sector in Afghanistan. Study commissioned by The World Bank, Islamabad.
- Zhambakin, Z.A.** 1995. Pastbisha Kazakhstana [Pastures of Kazakhstan], Kainar, Almaty.



# Genetic improvement in the Australasian Merino – management of a diverse gene pool for changing markets

R.G. Banks<sup>1</sup> and D.J. Brown<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Meat and Livestock Australia, c/o Animal Science, UNE, Armidale, NSW 2350, Australia;* <sup>2</sup>*Animal Genetics and Breeding Unit, UNE, Armidale, NSW 2350, Australia*

## Summary

The Australasian Merino population has declined significantly over the last 15 years in response to a decline in the price of apparel wool, both in absolute terms and relative to the price of sheep meat. Over the same period, a national genetic evaluation system based on BLUP methods has been introduced, that is achieving steady growth in adoption by breeders. Genetic parameter estimates for the population provide evidence for considerable genetic diversity for all recorded traits, providing ample opportunity for genetic improvement. More recently, there is considerable evidence for increasingly rapid progress, both in fleece traits and a range of meat production and adaptation traits. The Merino population is evolving towards two broad types – one focused on high quality apparel wools finer than 19  $\mu\text{m}$  and used in enterprises with a wool/meat income ratio of about 3:1, and the other a more dual-purpose animal producing 19–21  $\mu\text{m}$  wool and an enterprise wool/meat income ratio between 1.5:1 and 1:1. Underlying these trends is a growing focus on adaptation traits including worm resistance; reduced need for veterinary interventions; and increased early growth, fertility and mothering ability. Together these trends point to increasingly ‘easy-care’ sheep and exploitation of the available genetic diversity to rapidly increase profitability.

**Keywords:** *economics, genetic diversity, genetic improvement, wool production*

## Résumé

La population des mérinos australasiens a baissé de façon considérable au cours des 15 dernières années en raison de la chute du prix de la laine cardée, en termes absolus ainsi que par rapport aux prix de la viande ovine. Au cours de la même période, on a introduit un système national d'évaluation génétique basé sur les méthodes BLUP qui est de plus en plus adopté par les sélectionneurs. Les estimations des paramètres génétiques de la population prouvent une diversité génétique considérable pour tous les caractères enregistrés, offrant ainsi de grandes opportunités d'amélioration génétique. Plus récemment, on constate des progrès rapides dans les caractères de la toison ainsi que dans un éventail de caractères de production de la viande et d'adaptation. La population de mérinos évolue vers deux grands types d'animaux: un type concentré sur la production de laine cardée de haute qualité inférieure à 19 microns et utilisé dans les entreprises ayant une ratio de revenu laine:viande d'environ 3 à 1; et un autre type d'animal plus à double fin qui produit une laine de 19-21 microns et utilisé dans des entreprises ayant une ratio de revenu laine:viande entre 1:5 et 1:1. Ces évolutions sont soulignées par la focalisation croissante sur les caractères d'adaptation comme la résistance aux vers, le besoin réduit d'interventions des vétérinaires et l'augmentation de la croissance, de la fertilité et de l'aptitude à la reproduction précoces. Toutes ces évolutions indiquent des moutons toujours plus faciles à entretenir et l'exploitation de la diversité génétique disponible pour accroître la rentabilité de façon rapide.

**Mots-clés:** *économie, diversité génétique, amélioration génétique, production de laine*

## Resumen

La población de Merino australiano ha disminuido de forma significativa a lo largo de los últimos 15 años como respuesta a una bajada del precio de las prendas de lana, tanto en términos absolutos como en lo relativo al precio de su carne. Durante el mismo periodo de tiempo, se ha presentado un sistema nacional de evaluación genética basado en los métodos BLUP, cuya aceptación por parte de los criaderos va creciendo de forma progresiva. Los parámetros genéticos estimados para la población indican una importante diversidad genética para todos los rasgos registrados, proporcionando una gran oportunidad para la mejora genética. Más recientemente, determinadas pruebas han puesto de manifiesto un progreso, cada vez más rápido, con respecto a las características del vellón, así como a una serie de características relacionadas con la adaptación y la producción de carne. La población de Merino está evolucionando hacia dos grandes grupos – uno centrado en la producción de lana para ropa de alta calidad cuya sección de fibra es inferior a las 19 micras y utilizadas en empresas con unos ingresos en la proporción lana-carne a razón de 3 a 1 respectivamente, y otro más centrado en la cría de un animal de doble propósito que produce una fibra de lana cuya sección se encuentra entre 19 y 21 micras y utilizadas en empresas cuyos ingresos corresponden a la proporción lana:carne a razón de 1.5 a 1:1 respectivamente. Detrás de estas tendencias existe un creciente enfoque en las características de adaptación que incluyen una resistencia a parásitos, una menor necesidad de intervenciones por veterinarios, y un mayor crecimiento en edades tempranas, así como un aumento de la fertilidad y de la capacidad maternal. Juntas,

estas tendencias apuntan hacia un ganado ovino cuyos cuidados son cada vez más sencillos, así como a la explotación de la diversidad genética disponible para aumentar rápidamente la rentabilidad.

**Palabras clave:** *economía, diversidad genética, mejora genética, producción de lana*

Submitted 3 September 2009; accepted 10 September 2009

## Introduction

The sheep industry, and in particular the wool produced from it, has been a significant contributor to the Australian economy for most of the time since European settlement in the late 1700s. Sheep were brought to the country on the first British ships; in subsequent years further importations were made from Britain, the Indian sub-continent, Southern Africa and Europe. Many 'breeds' were introduced over a period of time characterized by much experimentation via crossing of breeds and strains, but it became apparent that the Merino was eminently suited to producing fine wool across much of Australia. This history is intensively described in Massy (2007), and captured in literature by McDonald (2005), and both works give a flavour of the enormous cultural significance of the wool industry in Australia.

Massy describes in detail the sources which contributed to the Merino gene pool via infusion, crossing, upgrading and selection and which led to the range of 'strains' which existed for much of the 20th century. In modern terminology, the Australian Merino flock comprises a number of genetically related composites or synthetics, based ultimately on Merinos deriving from Spain, but with various infusions from populations developed in a range of countries from the original Spanish, and more widely, from other sheep breeds. This history can be expected to have generated significant genetic diversity.

The combination of climate and availability of pasture for grazing meant that Australia rapidly came to dominate world wool production, especially in the finer, apparel end of the micron range (Merino wool ranges from 14 to 28  $\mu\text{m}$ , with the majority of production in the 22–24  $\mu\text{m}$  range for much of the period up to 2000). Exports of wool from 1800 to 1940 were focused on British markets whereas after World War II the markets in Russia, China, Italy and Japan became more important. Italy and Japan sought wools from the finer end of the Merino production spectrum, whilst the Russian and Chinese markets relied on broader wools used in the manufacture of blankets and coats for their armies. This dichotomy – finer wools used in more expensive apparel products, and broader wools used essentially as a source of warmth – underpins recent significant changes in the demand for wool.

At its height, the Australian Merino flock numbered some 180 million animals. This peak was underpinned by a price maintenance mechanism introduced by the wool industry, known as the Reserve Price scheme (Massy, 2007). This

was introduced in the late 1960s after a period of decline in real wool price from its peak in the early 1950s and led to stabilisation of the real price through the 1970s and into the 1980s. In the mid-1980s the reserve price was successively raised following apparent growth in demand, and production was expanded to follow essentially guaranteed prices. After the mid-1980s this market support mechanism collapsed.

In the period since 1980 demand for the broader Merino has declined significantly to the point where production of wool above 22- $\mu\text{m}$  diameter has become uneconomical. This has led to very significant reduction in the number of animals and significant concerns about Australia's ability to supply its markets for both wool and sheep meat.

The key points from this brief historical overview are the following:

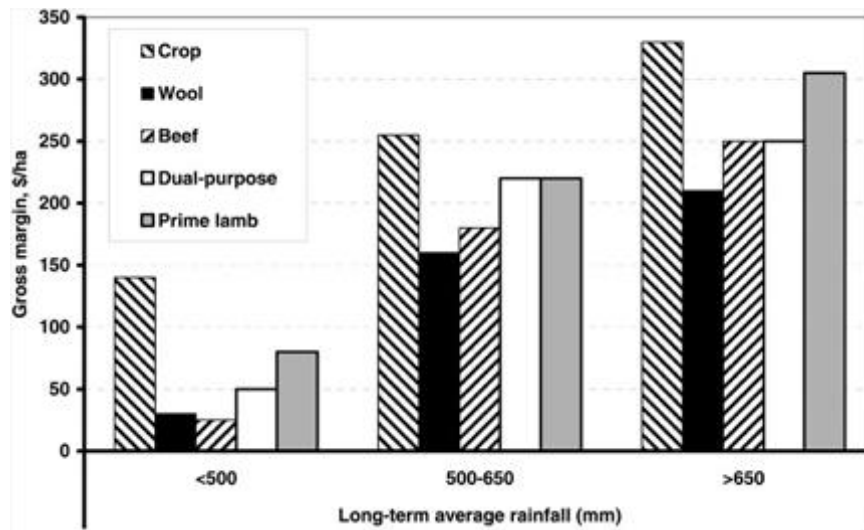
- Merino wool production has been a very significant component of the overall Australian economy for most of the period since European settlement.
- The Australian Merino evolved over that period under selection from a range of source populations and as such is essentially a composite or series of genetically related composite populations, suited to particular climate-by-market niches.

This paper briefly summarises the data on the economic importance of Merino wool production, the evidence for genetic diversity within the Merino population and recent changes in both the markets for Merino wool and technological changes in Merino breeding.

## Importance of fibre production for farmer livelihoods

Wool is produced in Australia from sheep flocks managed with a range in focus on wool – in simple terms from flocks producing finer and more valuable wool, mainly in cooler regions with shorter growing seasons, to flocks where meat production or livestock sales are more important, typically in the dryer and warmer regions (particularly in South Australia and Western Australia). The exact balance between wool and meat income varies with the actual prices, but this range is from approximately 85% of total income derived from wool down to approximately equal shares for wool and meat.

This range partly reflects the diversity of production characteristics within the Merino population which will be discussed further. The key point is that in different



**Figure 1.** Enterprise economic comparison for 1999–2008. Note that many farms will have more than one enterprise, and mixed sheep and crops are common particularly in the medium and lower rainfall areas.

regions the flock structures are geared to different income mixes. Current economic performance for these regions has recently been analysed (Holmes-Sackett, 2009) and can be summarised by enterprise type and by region.

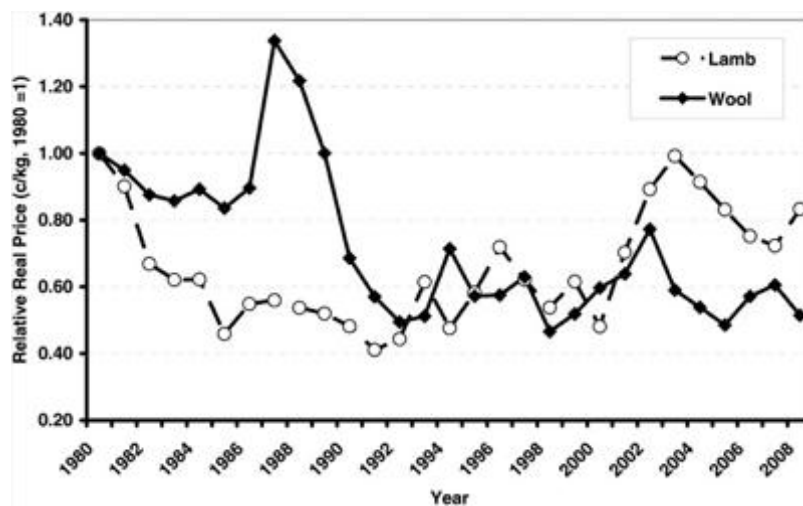
Figure 1 summarises economic performance for three sheep enterprises as well as cropping and beef production over the last 10 years. The three sheep enterprises are the following:

1. Wool, where all ewes are Merinos and are mated to Merino rams, and approximately 75% or more of enterprise income is from wool;
2. Dual purpose, where the ewes are Merinos but a portion are mated each year to non-Merino rams for either lamb or hogget (12- to 24-month-old sheep) production, and 55–65% of enterprise income is from wool; and
3. Prime lamb, where the ewes are typically not Merino, the rams are meat-breed rams, all or most progeny are sold for slaughter and 65% or more of enterprise income is from meat.

Three main points can be highlighted from Figure 1:

1. Gross margins need to be in excess of approximately \$100, \$150 and \$200/ha in the low (<500 mm), medium (500–650 mm) and high (>650 mm) rainfall zones, respectively, for farm business sustainability. On this basis, wool-focused enterprises have not been financially viable on average over the last 10 years.
2. In all regions of Australia where sheep are run, over the last 10 years profitability from cropping exceeds that of any sheep enterprises. Note that capital requirements are usually higher for cropping as is variability between years, such that cropping is more financially risky than livestock.
3. Dual-purpose enterprise profitability has significantly exceeded that of wool focused enterprises in all regions through the last 10 years.

This situation of relatively poor returns from wool production is predominantly the result of the relative prices



**Figure 2.** Relative real prices for wool and lamb, 1980–2009.

of wool and sheep meat. The prices for these have followed very different paths over the last 30 years, as illustrated in Figure 2.

Figure 2 clearly shows the following:

- Between 1980 and 1990, real prices for wool and lamb both declined, albeit with a very steep rise in the real price of wool to 1985. The subsequent crash in wool prices was simultaneous with the collapse of the Reserve Price scheme.
- Since 1990, the real price of wool has fluctuated around 60% of its price in 1980, whereas the real price for lamb has risen to around 80% of the 1980 price. The price trends for wool and lamb for these periods are 0 and 2.4% pa., respectively. (This rise has not been smooth, because it has been affected by both widespread droughts which have affected supply and by tariff barriers in the United States in the late 1990s.) Medium-term forecasts are for demand for lamb to remain strong, and with it, prices.

Within the overall price trend for Merino wool, there are different patterns for different micron (fibre diameter) categories. Swan (2009) provides a comprehensive review of these trends and the market forces behind them. The overall effect on production has been that, although the total volume of wool finer than 20 µm rose slightly from 1991 to 2009, that for wool broader than 20 µm collapsed to approximately 25% of its former level.

Thus, whereas wool was historically a very important source of livelihood for farmers across much of Australia, over the last two to three decades that contribution has declined significantly. In response, sheep numbers (and particularly Merino sheep) have declined from the peak of 180 million in the mid-1980s to approximately 75 million sheep in 2009, with approximately 45 million of those being ewes.

### Information on genetic diversity within the Merino population

As outlined earlier, the Australian Merino of the 20th century is a composite or synthetic evolved via a mixture of infusion, cross-breeding and selection to become an overall population comprising three broad types or strains:

1. Fine wool: small to medium frame sheep which produce fleeces in the fibre diameter range of 16–19 µm, with clean fleece weights averaging 2.5–3.0 kg in adult sheep grazing pastures. This strain is typically run in cooler, higher-rainfall areas and includes Saxon and Spanish bloodlines.
2. Medium wool: somewhat larger sheep producing fleeces averaging 20–22.5 µm and 3.0–3.5 kg fleece weight. These are predominantly Peppin bloodlines.
3. Strong wool: even larger sheep, producing fleeces averaging 22–24 µm and 3.0–4.0 kg fleece weight. These are predominantly South Australian bloodlines.

Note that these ‘bloodlines’ have typically been referred to as breeds. Particularly the Peppin and South Australian bloodlines were at times infused with genetic material from other recognized breeds (such as Lincoln). To Merino sheep breeders and producers, the distinction among these ‘breeds’, strains or bloodlines were quite clear; and a detailed history of the derivation of each was effectively part of industry knowledge (and folklore). In the genetic sense, there was always some limited mixing of genetic material between the broad categories. However, this has increased greatly in the last 20–30 years.

Within these types, ram-breeding studs traditionally formed a tiered structure, with parent studs at the peak of the pyramid, supplying rams to ‘daughter studs’ to multiply rams, who in turn supplied rams to commercial wool-growing flocks.

There is a rich literature of information from trials and experiments characterising the performance of these different types of sheep. Such work, both ‘scientific’ and practical, included examination of the performance of different strains under different environments, exploring genotype × environment interaction. This distinction between ‘scientific’ and ‘practical’ is made only to highlight a divide or communications gap which existed between the scientifically trained and stud breeders in particular, with rare exceptions, for much of the 20th century. Massy (2007) provides a comprehensive discussion of this issue, as well as summarising the material on strain evaluations and genotype × environment interaction.

In terms of analysing and describing genetic diversity more technically, the main approach until recently has been via genetic parameter estimates. Before summarising these estimates, it is necessary to outline a recent evolution in the broad genetic structure of the industry.

The structure of breeds, strains and bloodlines which evolved during the 1800s and early 1900s was relatively stable until the last decades of the 1900s. In that period, distinctions between the categories began to blur, stimulated in part by somewhat uneven adoption of performance recording and more ‘scientific’ approaches to making selection decisions and in part by the increasing need to reduce fibre diameter. The latter led to increased use of rams from the finer categories over the broader categories. More recently the desire to breed a Merino which is more suited to a dual-purpose enterprise has resulted in some mixing in the reverse direction. This trend has led to the situation today where distinctions between categories are considerably blurred and appear to be in a state of flux.

One expression of genetic diversity is phenotypic appearance. Figure 3 compares two images of Merinos, the first from 1910; the second is a modern animal with high genetic merit and selected for dual-purpose (meat and wool) goals including easy-care attributes such as resistance to internal parasites.





**Figure 3.** Phenotypic expression of diversity in Merinos – (left) three stud rams from Merribee, 1910 (Massy, 2007) and (right) Leachcim 72 (Sheep Genetics, 2009). Permission for Figs 3 & 4 is granted by Meat & Livestock Australia (2009).

Genetic parameter estimation from 1980 to 2000 suggested that there were some genetic differences between categories, as expressed by heritability estimates. Those for fibre diameter were higher in the finer wools than elsewhere, but other parameters were relatively similar across categories.

In the last 10 years, performance recording has grown, and a single national genetic evaluation is now in place for Merinos. The genetic parameters used in that analysis describe the genetic variation for the major traits. Table 1 summarises those parameters for hogget weight, hogget fleece weight and hogget fibre diameter. A comprehensive description of genetic parameters is provided in Huisman *et al.* (2008), Huisman and Brown (2008, 2009a, 2009b). Safari *et al.* (2005) published a review of genetic parameters for sheep and estimated these parameters in a large data set from research flocks (Safari *et al.*, 2007).

The parameters summarised in Table 1 are a very small subset of those estimated from the Sheep Genetics database and reflect a mixture of flocks from across the ‘traditional’ categories, that have become less distinct (as noted above). However, these are broadly consistent with the many sets of parameter estimates for the Australian Merino population from the literature.

The key point in the context of genetic diversity is that these three key economic traits exhibit considerable genetic variation, both in terms of heritability and absolute genetic variation. The other trait with significant economic

**Table 1.** Genetic (co)variances for hogget body weight, fleece weight and fibre diameter in Australasian Merinos.

	Body weight	Clean fleece weight	Fibre diameter
Bodyweight	<b>0.41 (0.02)</b>	0.31 (0.01)	0.11 (0.01)
Clean fleece weight	0.06 (0.06)	<b>0.32 (0.02)</b>	0.22 (0.01)
Fibre diameter	0.21 (0.03)	0.44 (0.03)	<b>0.62 (0.02)</b>

Note: Heritabilities are on the bold type diagonal, genetic correlations are below the diagonal and phenotypic correlations are above the diagonal. Figures in parentheses are the standard errors of the estimates.

Source: Sheep Genetics database (2009).

significance (although not viewed this way by most breeders for most of the last 100 years) is reproduction, which has been intensively investigated in Merinos since the 1960s. Estimates of heritability of various aspects of reproduction in Merinos are typically in the range 0.05–0.10, and this is the finding in the current Merino data (Huisman *et al.*, 2008). Although this is suggestive of low levels of genetic variation (and hence diversity), when it is recognised that phenotypic variance for all reproduction traits is large, it becomes clear that there is substantial additive genetic variation for aspects of reproduction in Merinos, again suggestive of genetic diversity within the population.

Further evidence of genetic variation consistent with that from genetic parameter estimates is provided by responses to selection. There is an extensive literature on selection experiments, but one recent example illustrates the findings. In 1992, NSW Agriculture researchers initiated a selection experiment which included five selection goals (including controls) applied in three strains of Merinos (nine lines in total). The selection goals represented a range of multi-trait objectives with varying emphasis on fleece weight and fibre diameter. Ten rounds of selection were applied. A comprehensive report of the project is available (QPlus Open Day, 2006), but its results can be summarised as follows:

- Substantial improvements in clean fleece weight and fibre diameter were achieved in all selection lines *in accord with their prescribed breeding objectives* (italics inserted).
- It was demonstrated that it is possible to achieve such improvements in conjunction with maintaining performance levels for a range of visually assessed traits, suggesting that ‘modern’ performance-based selection approaches need not be antagonistic to more traditional aspects of Merino sheep.

A similar project was conducted from 1996 to 2009 in South Australia, using selection lines established within predominantly South Australian strong wool Merinos (Selection Demonstration Flocks, SARDI, 2009). A series of selection lines were established with a range of multi-trait objectives, and responses to selection were again

consistent with predictions based on estimated genetic parameters.

These results, together with those from many other selection experiments, provide evidence that the genetic parameters estimated in Merinos are an accurate assessment of available genetic variation and hence of genetic diversity within the population.

More recently, molecular technologies are beginning to be applied to the sheep genome, and these will shed more light on diversity within and between populations and breeds (International Sheep Genomics Consortium, 2002–2009). At time of this writing no definitive estimates of various measures of diversity (effective population size and linkage disequilibrium) were available, but early indications are that genetic diversity in Merinos sampled from Australia is high (Kijas, 2009).

Research into genetic parameters (and hence diversity) in Merino is but a part of the considerable research and development effort that has been conducted since the early years after World War II. Other aspects include the design of breeding programs, development of performance recording and evaluation schemes and extension programs to breeders and commercial producers. A most useful reference covering the full scope of that work is the Merino Improvement Programs in Australia Symposium Proceedings (McGuirk, 1987).

This section has superficially outlined the volume of results on genetic parameters in Merino sheep, focusing solely on summarising what that literature implies in terms of genetic diversity. All of the evidence suggests that, no matter what traits are considered, there is considerable diversity within the Australasian Merino gene pool. The last section will briefly describe how that diversity is being exploited more recently.

### Recent developments in genetic improvement in Australasian Merino sheep

As noted earlier, the adoption of approaches to animal breeding based on quantitative genetic theory has been limited. During the period from 1950 to the 1990s, some breeders applied performance recording and developed breeding programs utilising principles derived from animal breeding theory. However, overall, their impact and hence that of animal breeding theory was small.

Beginning in the mid-1980s, the Australian lamb industry introduced a national genetic evaluation system, LAMBPLAN (Sheep Genetics, 2009), which has grown from very simple beginnings to now running large multi-trait animal model BLUP evaluations for all major ‘meat breeds’ and has high adoption amongst stud breeders. The development of LAMBPLAN stimulated interest from Merino breeders, initially predominantly those already convinced of the merits of performance recording. Over the period from

1995 to the present, this interest has encouraged the growth of genetic evaluation for Merinos to the point where there is now a single national across-flock genetic evaluation system in place: MERINOSELECT (Sheep Genetics, 2009).

Genetic evaluation analyses in MERINOSELECT are run monthly; include over 50 traits covering weight, carcass, fleece weight and quality, reproduction, disease and welfare; and include over 1.2 million animals in each analysis. This total is growing by approximately 80 000 new animals each year, and more than 15 000 sires are included in the data set.

The numbers of animals being evaluated suggest a diversity of genetic material. This is reinforced by the fact that considerable research has had to be conducted into how best to handle the genetic structuring of the population within the analyses. Currently, genetic groups – broadly reflecting the historical breeds, strains and bloodlines – are included in the analytical models, whilst comprehensive pedigree information (either sire or sire plus dam information are required for inclusion into the full across-flock analyses) simultaneously accounts for the increasing mixing amongst these historical categories.

The evidence for genetic progress available from the genetic analyses is as important as the growth in numbers of animals being evaluated within the Merino population. Swan *et al.* (2009) summarise genetic trends in the range of sheep populations using LAMBPLAN and MERINOSELECT, and they present results suggesting that the rates of progress in Merinos are increasing. Figure 4, that is based on Swan *et al.* (2009), shows genetic trends in the industry for two indexes in flocks using MERINOSELECT.

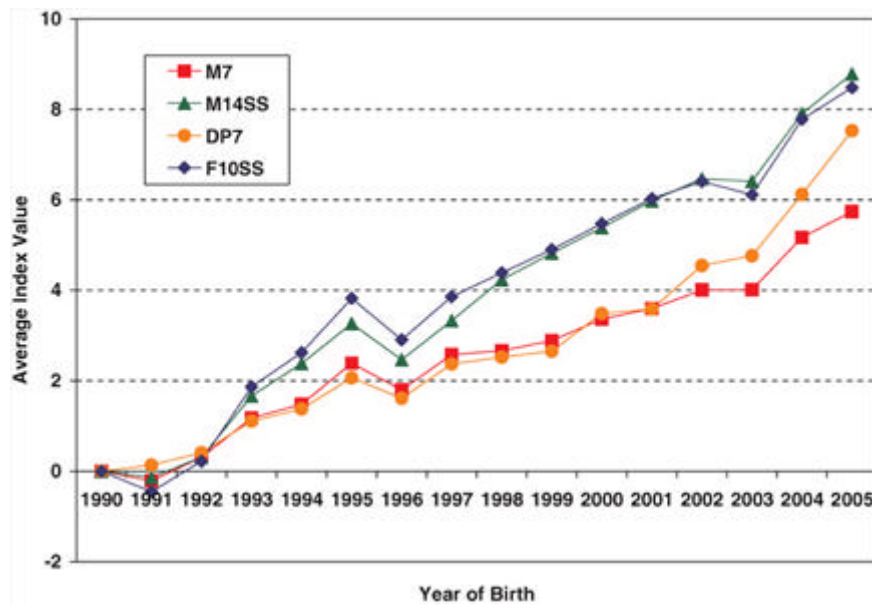
The market penetration of MERINOSELECT is now estimated at approximately 35% of all Merino rams being sold. However, this proportion is rising as the overall numbers of Merino rams which are sold declines essentially in line with declining ewe numbers.

The Australasian Merino population and sheep industry are at a most interesting point in their history. The intersecting challenges and opportunities present, and the role of genetic diversity in addressing them, are outlined briefly in the concluding section.

### Conclusions

There are four main messages of this brief discussion of the wool industry in Australasia and its genetic diversity:

1. The industry has been a major contributor to the economic development of both Australia and New Zealand, at times essentially the sole source of export income.
2. Over the last three decades that contribution has declined as prices for broader wools have collapsed and finer apparel wools have fallen to lower levels



**Figure 4.** Genetic trends in industry flocks using MERINOSELECT (based on Swan *et al.*, 2009. A full explanation of the four indexes is provided in the reference). Permission for Figs 3 & 4 is granted by Meat & Livestock Australia (2009).

than historically and apparently stabilized in real terms, while returns from other enterprises have grown.

3. The Australasian Merino population has developed through sampling a range of populations coupled with selection and exhibits substantial genetic diversity at both the pedigree and molecular levels.
4. In the last decade, a comprehensive national genetic evaluation system has been established, which is being adopted by a growing proportion of stud breeders and being used with increasing effectiveness to make substantial genetic improvement in a range of production and fitness traits.

What the future holds for the Merino industry cannot be predicted, but it is clear that two trends are at play: the decline in wool prices and sheep numbers could lead to the disappearance of wool production as a viable industry. This would represent the outcome of a failure to respond to consumer signals about product quality and more broadly about the way in which the product is produced. This would be a somewhat sad end to the story of Merino sheep in Australasia. Moreover, in the context of the human contribution to that story it would represent a failure to maintain the exploratory and innovative spirit which played such a significant role in its development (Massy, 2007).

The alternative is that essentially a new generation of breeders and producers must respond positively to the challenges of ethical and environmentally sustainable production coupled with the demand for constant improvement in product quality and price competitiveness. In doing so, they will inevitably have to make intelligent use of modern breeding methods combined with traditional animal assessment skills. There is clear evidence that a significant number of breeders are meeting this challenge.

Making increasingly effective use of the genetic diversity contained within the Merino population will be central to this version of the future.

## References

- Holmes-Sackett.** 2009. Prime lamb situation analysis. Meat and Livestock Australia, Sydney.
- Huisman, A.E. & D.J. Brown.** 2008. Genetic parameters for bodyweight, wool and disease resistance in Merino sheep. 2. Genetic relationships between bodyweight and other traits. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 1186–1193.
- Huisman, A.E. & D.J. Brown.** 2009a. Genetic parameters for bodyweight, wool and disease resistance in Merino sheep. 3. Genetic relationships between ultrasound scan traits and other traits. *Animal Production Science* 49, 283–288.
- Huisman, A.E. & D.J. Brown.** 2009b. Genetic parameters for bodyweight, wool and disease resistance in Merino sheep. 4. Genetic relationships between and within wool traits. *Animal Production Science* 49, 289–296.
- Huisman, A.E., D.J. Brown, A.J. Ball & H.-U. Graser.** 2008. Genetic parameters for bodyweight, wool and disease resistance in Merino sheep. 1. Description of traits, model comparison, variance components and their ratios. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 1177–1185.
- International Sheep Genomics Consortium.** 2002–2009. <[www.sheephapmap.org](http://www.sheephapmap.org)>
- Kijas, J.** 2009. Personal communication. CSIRO Livestock Industries, Brisbane.
- Massy, C.** 2007. The Australian Merino: the story of a nation. Random House, Sydney.
- McDonald, R.** 2005. The ballad of Desmond Kane. Vintage, Milson's Point, NSW.
- McGuirk, B.J.** 1987. Proceedings of the Merino Improvement Programs in Australia National Symposium. Australian Wool Corporation, Melbourne.

- QPlus Open Day.** 2006. <<http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/livestock/sheep/breed-select/merino/qplus-merinos-open-days>>
- Safari, E., N.M. Fogarty & A.R. Gilmour.** 2005. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science* 92, 271–289.
- Safari, E., N.M. Fogarty, A.R. Gilmour, K.D. Atkins, S.I. Mortimer, A.A. Swan, F.D. Brien, J.C. Greeff & J.H.J. van der Werf.** 2007. Across population genetic parameters for wool, growth, and reproduction traits in Australian Merino sheep. 2. Estimates of heritability and variance components. *Australian Journal of Agricultural Research* 58, 177–184.
- Selection Demonstration Flocks, SARDI.** 2009. <[http://www.sardi.sa.gov.au/livestock/meat\\_wool/selection\\_demonstration\\_flocks](http://www.sardi.sa.gov.au/livestock/meat_wool/selection_demonstration_flocks)>
- Sheep Genetics.** 2009. <[www.sheepgenetics.org.au](http://www.sheepgenetics.org.au)>
- Swan, A.A., D.J. Brown & R.G. Banks.** 2009. Genetic progress in the Australian sheep industry. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.* 18, 326–329.
- Swan, P.G.** 2009. The future for wool as an apparel fibre. In: D.G. Cottle. (Ed.), *International sheep and wool handbook*. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

# Genetic improvement for alpaca fibre production in the Peruvian Altiplano: the Pacamarca experience

R. Morante<sup>1</sup>, F. Goyache<sup>2</sup>, A. Burgos<sup>1</sup>, I. Cervantes<sup>3</sup>, M.A. Pérez-Cabal<sup>3</sup> and J.P. Gutiérrez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Pacamarca S.A., P.O. Box 94, Av. Parra 324, Arequipa, Perú;* <sup>2</sup>*Serida-Censyra, C/o Camino de los Claveles 604, 33203 Gijón (Asturias), Spain;* <sup>3</sup>*Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n, E-28040 Madrid, Spain*

## Summary

Pacamarca is an experimental ranch founded by the INCA group to act as a selection nucleus from which basic genetic improvement of alpaca fibre can spread throughout the rural communities in the Peruvian Altiplano. State-of-art techniques in animal science, such as performance recording or assisted reproduction including embryo transfer, are applied to demonstrate their usefulness in the Altiplano conditions. Pacamarca has developed useful software (Paco Pro) to carry out the integral processing of production and reproduction data. Mating is carried out individually, and gestation is diagnosed via ultrasound. Breeding values estimated from a modern genetic evaluation are used for selection, and embryo transfer is applied to increase the selection intensity. However, the objective of Pacamarca goes beyond, extending its advances to the small rural communities. Training courses for farmers are organised while searching for new ways of improving the performance of alpacas both technically and scientifically.

**Keywords:** *alpaca, fibre, genetic improvement, Peruvian Altiplano*

## Résumé

Pacamarca est un ranch expérimental créé par le groupe INCA en tant que noyau de sélection pouvant répandre les bases de l'amélioration génétique pour la fibre d'alpaga dans toutes les communautés rurales du haut-plateau péruvien. A Pacamarca, on applique des techniques de pointe de la zootechnie, comme le contrôle des performances ou la procréation médicalement assistée, y compris le transfert d'embryons, pour démontrer leur utilité dans les conditions productives du haut-plateau. Pacamarca a élaboré un logiciel (Paco Pro) utile à entreprendre l'élaboration intégrale des données sur la production et sur la reproduction. Les accouplements sont réalisés de façon individuelle, la gestation est diagnostiquée par le biais de l'échographie, les valeurs génétiques, estimées par des techniques modernes d'évaluation génétique, sont utilisées pour la sélection, et le transfert d'embryons est appliqué pour accroître le taux de sélection. Cependant, l'objectif de Pacamarca va au-delà de ces activités et vise à transmettre ces progrès aux petites communautés rurales. On organise des cours de formation pour les agriculteurs tout en cherchant de nouvelles façons d'améliorer la performance des alpagas du point de vue technique ainsi que scientifique.

**Mots-clés:** *alpaga, fibre, amélioration génétique, Altiplano péruvien*

## Resumen

Pacamarca es un rancho experimental fundado por el grupo INCA para actuar como un núcleo de selección que permita extender la mejora genética de la fibra de alpaca en el altiplano peruano. En Pacamarca se aplican técnicas estándar en producción animal, como el control de rendimientos o la reproducción asistida incluyendo la transferencia de embriones, para demostrar su utilidad en las condiciones productivas del altiplano. Pacamarca ha desarrollado una aplicación informática (Paco Pro) que permite una gestión adecuada de la información productiva, reproductiva y genealógica necesaria para llevar a cabo un programa de mejora genética: los apareamientos se llevan a cabo de forma individualizada, la gestación se diagnostica mediante ecografía, los méritos genéticos estimados mediante modernas técnicas de evaluación genética se usan para la selección de reproductores y la transferencia de embriones se utiliza para aumentar la intensidad de selección. En todo caso, el objetivo de Pacamarca se cumple esencialmente organizando periódicamente cursos de formación para miembros de pequeñas comunidades rurales del altiplano en los que se produce la diseminación de sus avances en manejo, reproducción y producción de la alpaca resultado de las experimentaciones realizadas en Pacamarca.

**Palabras clave:** *alpaca, fibras, mejora genética, Altiplano Peruano*

---

Submitted 23 July 2009; accepted 13 October 2009

## Introduction

Within the four South American camelid species of llamas, guanacos, alpacas and vicuñas (Kadwell *et al.*, 2001), the alpaca is the most numerous. With a population of 3.5 million in Peru, representing 75% of the world's total, the alpaca provides the main means of sustenance for thousands of families in the high Andes. Other countries which breed alpacas are mainly Bolivia and Chile in South America, and, after exportation, New Zealand, Australia, the United States, and Canada.

Thousands of rural Peruvian families raise flocks of alpacas at elevations of more than 4000 m above sea level among impressive landscapes where the daily temperature ranges between  $-15^{\circ}\text{C}$  and  $20^{\circ}\text{C}$ . They do what has been done for thousands of years, shearing the animals and selling their fibre every year, to provide their families with their principal income.

There are two breeds of alpaca: the Huacaya and the Suri (Wuliji *et al.*, 2000). The Huacaya are the most numerous type in Peru, representing 93% of the population; their hair has relatively short fibres which are dense, curly and voluminous. Hair covers almost all of the body, and only the face and lower parts of the legs have a covering of short fibres. Suri alpacas have long, straight hair which is silky and exceptionally lustrous. If Suri fleece is allowed to grow, it can sweep the floor and drape like curtains. This type of Suri is called "Wasi", and it has been used in the past to protect the herds.

Under the current usual management, alpacas are shorn with knives or shears, usually once a year between November and April. The colour of the fibre is variable; up to 22 colours have been defined which range from white to black through greys, fawns and browns. The fibre is classified manually according to its fineness and sorted into the qualities shown in Table 1. One animal will have all of the qualities in different percentages throughout its body. Therefore, meticulous manual sorting is necessary to separate the different qualities, colours and lengths. The finer qualities have more value in the international market, so finer alpacas have higher market value. The names of these quality classes do not necessarily reflect the age of the animals or other phenotypic characteristics. The appellation 'Baby', for example, is applied to products (tops, yarns, cloth etc.) where the average fibre diameter is  $22.5\ \mu\text{m}$ .

**Table 1.** Alpaca fibre categories according to textile industry (Inca tops super-fine alpaca).

Category	Fibre diameter ( $\mu\text{m}$ )
Royal alpaca	19.5
Baby alpaca	22.5
Super-fine alpaca	25.5
Huarizo	29
Coarse	32
Mixed pieces	>32

The fibre used to obtain this quality does not necessarily come from baby animals; it could easily come from an adult animal with a very fine coat.

There is increasing international interest in the study and production of fine alpaca fibre (Wuliji *et al.*, 2000; Frank *et al.*, 2006; Lupton *et al.*, 2006; McGregor, 2006). In the last 45 years alpaca fibre has become thicker, warning about the need of establishing a genetic selection program. The low educational level of alpaca farmers makes the implementation of a bottom-up initiative difficult, and it is only conceivable with the joint efforts of public administration and market operators. This was the initial reason that led the INCA Group to found its ranch known as Pacamarca, that today is one of the most important sources of genetically improved Alpacas in the Altiplano.

## Pacomarca

### Origin

Pacomarca (Figure 1) is an experimental farm run by the INCA Group in the department of Puno since 1992. It occupies approximately 1500 ha (3706 acres) and lies at an altitude of 4060 m (13 320 ft) above sea level on the Altiplano. The farm raises approximately 2050 selected alpacas. The objective of the INCA Group was to try to reverse the tendency to abandon alpaca raising, that was occurring in Peru. Pacamarca S.A. decided on its own initiative to undertake a project to recover the fineness of the alpaca fibre produced in Peru. This effort is also a continuation of the original work of the Sallalli farm, located at the foot of the Sabancaya Volcano, which was destroyed when the volcano erupted some years ago. The site is appropriately located in the high Andean plains (Altiplano) with an easily accessible location, that is close to the main alpaca-raising areas, electricity supply, land area sufficiently large to be able to grow crops, a water supply and title deeds in legal order.

The initial genetic stock was composed of animals selected and bought according to the information available from the



**Figure 1.** A panoramic view of the Pacamarca Ranch.

purchasing fibre activity of the INCA Group during 50 years. Animals were individually identified from the beginning. Software called “Paco Pro” was developed to manage all of the information generated by the herd in order to administer animal performance, mating and health. This data set now consists of about 2.5 million records of variable nature.

The Pacamarca experimental ranch (Figure 1) is considered the leading genetic improvement center in Peru, and its influence in the Alpaca breeding and scientific world is proving essential for the future of this precious resource in its native country. The final goal is to act as a resource from which basic genetic improvement can be spread throughout rural communities in the Peruvian Altiplano.

## Objectives

Even though the original aim of the ranch was to develop a population with high genetic value, the day to day running of the ranch taught their managers about several other perspectives of alpaca production and other objectives were discovered which could be carried out at the ranch. Some of them are summarised as the following:

1. to carry out a genetic selection scheme to improve fibre quality;
2. to learn management practices which help to better commercialise alpaca fibre;
3. to teach successful management practices to the farmers on small surrounding farms;
4. to become a farm which acts as a selection nucleus; and
5. to research genetics, reproduction and other animal sciences.

## Performance recording

Today the organisation of performance recording reaches many of the daily practises carried out on the ranch. Animals are sheared every year which registers their performance, and a sample of wool is taken from the animal rib cage and sent for analysis in the laboratory. The animals are also periodically weighed and measured, and the mating is always individually carried out in specific boxes and the gestation is controlled by scan. Veterinary treatments are also carefully noted. All of the information is gathered in the data set managed by the Paco Pro software. This information covers the following:

- pedigree with identifications of individual, father and mother, birth date and sex;
- individual mating information, pregnancy tests and births;
- individual performance of fibre diameter, standard deviation, comfort factor and coefficient of variation;
- individual performance of the different fibre qualities of the fleece;
- individual shearing performance by corporal zones;

- individual heights and weights at different ages;
- disease registration and medical treatments;
- registering their origin and culling with destination and causes of culling; and
- defects.

In addition, Paco Pro registers the phenotype traits of the individual alpaca. The type traits, that are assessed using subjective scores from 1 (poor) to 5 (excellent) by expert classifiers, include the following:

**Density** scores the amount of follicles per square millimeter. The fleece is sampled at three locations (shoulder, mid-point and rump) by manual pressing and assessing the amount of fleece the hand can grab at once.

**Crimp** scores the number of fibre waves per centimeter. Crimp includes amplitude and frequency: amplitude is the height of the wave as measured from the crest to the trough and frequency is the number of waves for a given measurement. The trait we are looking for is high frequency and medium amplitude. Only Huacaya alpacas are scored for crimp.

**Lock structure** scores the formation of individual fibres into groups. A “lock score” includes the lock definition from the skin out to the tips of each lock, the independence of the locks from each other and the density and heaviness within the lock. We are looking for uniform independent locks throughout the body. Only Suri alpacas are scored for lock structure.

**Head** assesses the biometrical relationship between the head and the shape of the alpaca. The alpaca must have a small rounded head. The main areas of evaluation are the ears and snout. An animal with a score of 5 will have a short snout and proportional ears, giving the appearance of a rounded head.

**Coverage** scores the presence or absence of fibre in the alpaca extremities and head. A coverage score of 5 indicates much fibre in the extremities, potentially even covering the toes and the head to the point of producing wool blindness. A score of 1 designates an open face and very little fibre on the legs.

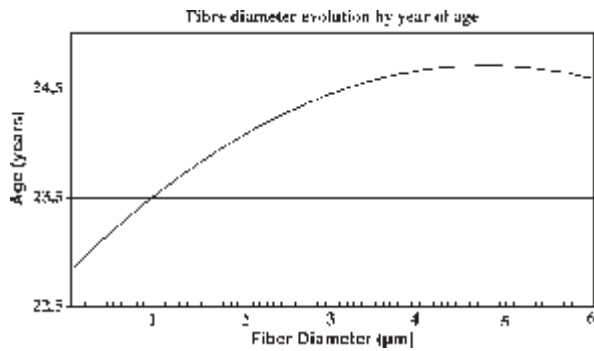
**Balance** scores the overall appearance of the alpaca: how the animal looks as a whole, including the proportionality of the body, neck, limbs and head.

**Comfort factor** is the percentage of fibres with a diameter below 30  $\mu\text{m}$ .

## Example of information extracted from the data set

We include brief examples of the information extracted from the Pacamarca data set, after a superficial analysis.

- Although the age of the parents at the birth of their offspring is an average of 6.2 years, the generation interval defined in the same way (but only for the animals that were selected as parents) is only 4.7 years, revealing the rapid replacement strategy adopted at the ranch.



**Figure 2.** Mean values of the fibre diameter regarding age. Note:  $FD = 22.8 + 6.6 \times 10^{-2} M - 5.72 \times 10^{-4} M^2$ , where FD is the fibre diameter ( $\mu\text{m}$ ) and  $M$  is the age (months).

- Factors affecting the fibre traits are the age, breed, colour, and month and year of shearing; sex, lab or body region have no significant effect.
- Factors affecting the weight and length of fleeces are the age, breed, and month and year of shearing, but not the sex.
- Only the age and the month and year of data recording affect the weight and height of animals.
- Fibre diameter increases with age. After fitting all other effects, the mean values of the fibre diameter regarding age in years are presented in Figure 2.
- Least squares estimates of the fibre traits within sex, breed, corporal region and month and year of shearing are provided in Tables 2 and 3.

## Outstanding advances

### Inca shearing method

The experience of the INCA Group in buying fibre throughout Peru showed that an important economic loss was due to practical lack of care at shearing, that is a management practice carried out once a year, usually in October.

Many farmers with a very low number of animals carry out shearing with the most rudimentary practices, such as

**Table 2.** Number ( $N$ ) of animals, least squares means of fibre diameter (FD), standard deviation of fibre (SD), comfort factor (CF) and coefficient of variation (CV) within categories of breed, sex and corporal region of sample.

	$N$	FD	SD	CF	CV
Breed					
Huacaya	4718	22.82	5.27	89.03	23.12
Suri	1232	24.47	6.46	82.17	26.32
Sex					
Male	1068	22.39	5.50	88.60	24.52
Female	4882	23.34	5.52	87.39	23.62
Region					
Rib cage	4854	23.41	5.55	86.65	23.69
Thigh	548	21.96	5.36	92.26	24.12
Shoulder	548	22.21	5.44	91.51	24.27

**Table 3.** Number of animals ( $N$ ), least squares means of fibre diameter (FD), standard deviation of fibre (SD), comfort factor (CF) and coefficient of variation (CV) within categories of month and year of shearing.

Month	Year	$N$	FD	SD	CF	CV
February	2001	85	19.88	4.10	94.23	19.88
August	2001	6	21.11	3.09	94.70	3.13
January	2002	106	20.76	4.96	94.48	20.76
October	2002	192	21.69	5.61	91.01	24.35
November	2002	7	24.22	5.40	87.30	22.51
December	2002	686	22.68	5.43	90.60	23.92
August	2003	121	21.13	5.08	94.07	24.03
September	2003	818	21.35	5.07	93.97	23.78
November	2003	9	23.33	5.49	90.00	23.34
December	2003	222	23.47	5.34	88.88	22.76
January	2004	103	20.60	5.00	94.23	24.33
June	2004	14	24.85	5.96	83.24	24.85
November	2004	139	19.31	4.72	96.55	19.31
December	2004	191	24.27	5.95	84.91	24.46
January	2005	198	23.13	5.17	89.47	23.13
May	2005	12	18.70	4.73	97.58	18.70
September	2005	259	21.61	5.44	92.14	25.03
October	2005	954	24.66	5.70	84.06	23.00
November	2005	52	18.74	4.77	96.60	18.74
March	2006	20	22.09	5.10	87.93	23.53
May	2006	159	21.08	5.63	93.09	21.08
June	2006	243	23.27	5.65	85.92	23.27
July	2006	104	21.98	5.46	89.50	21.98
August	2006	40	20.23	5.41	94.72	20.23
September	2006	1188	25.87	6.12	78.06	25.87
October	2006	8	24.81	5.71	84.22	22.71

using glass, tins or scissors in the best cases, and harming the animals. Moreover, disordered shearing and wool packing lead to heavy waste in a posterior treatment of the fleece. Alternatively, a correct ordered shearing practice allows a quick classification of the fleece, saving costs in personal and mechanical resources.

Pacomarca has developed a shearing protocol called “Inca esquila” (Figure 3) which allows better performance of the animal and thus a better price for the fleeces of the animals. It is described in several steps:

1. Clean the shearing area.
2. Clean the animal with a brush to eliminate all debris.
3. Separate the fleece into three parts: blanket, neck and pieces.
4. Stretch one side of the animal on the mat; place the dumbbells on the four legs of the animal.
5. Shear the belly and skirts first and separate them in a plastic bag.
6. Shear the animal from the belly to the back without the neck, and turn the animal to shear the other side without damaging the fleece.
7. Take the sheared fleece to a table and clean and take out any guard hair.
8. Put plastic in the middle of the fleece before folding it.
9. Wrap the fleece “drum” style.





**Figure 3.** The shearing protocol called “Inca Esquila”.

10. Repeat the same procedure for the neck.
11. Put the three separate bags (skirts, neck and fleece) into one plastic bag.

The INCA shearing method allows better yield of finer qualities such as Royal Alpaca and Baby Alpaca at the classifying process, allowing a better return to the alpaca producers.

### Paco Pro data processing software

Data processing software was needed since the start of the ranch. Pacamarca invested in developing Paco Pro software, that carries out the integral data processing of the management of the ranch. Paco Pro is thus a strategic software system for the control and management of alpacas. The program keeps production and genealogical information about the alpacas such as their unique identifier, parents, sex, colour, breed, date of birth, date of death and progressive records of fibre diameter, fibre production, mating, diseases, births and much more.

All of the information recorded about individual alpacas can be rendered individually or in a set. Several groups

may be created in many different ways, taking into consideration the location, type of nutrition, hierarchy, breed, colour, age and other characteristics.

Paco Pro also has specialised search tools for each module to allow the best management system for the animals. It can identify and explore a specific animal, its relatives and its entire genealogical tree. In addition, the system has a base animal attributes search, a finesse search tool and a production tool with records like fleece weight or staple length. All of the recorded data allow for easy access to records of a single animal and help to identify the elite group.

This integrated information makes control of the mating campaign easy and allows the planning of individual matings, taking into consideration the performance of previous campaigns. As a result, it provides demographic statistics so that we can plan accordingly for the following campaign.

All of the individual records are linked with each other in a relational database and are ready to render the expected progeny difference of each animal, so that a proper ranking of the best genetic material of the ranch can be obtained.

### Animal breeding program

Pacomarca animals are bred according to their performance. Since 2007 the company has had an agreement with the University Complutense of Madrid to carry out genetic evaluations of their animals. The filters incorporated in Paco Pro provide a data set which is almost completely free of errors and makes data processing and generation of precise genetic evaluation easy to complete.

Genetic evaluation is carried out mainly for fibre related traits, including mean diameter and variability, but other traits have been also essayed such as fleece weight, fibre length, shearing interval, textile value or morphological traits (Gutiérrez *et al.*, 2009).

The international Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) methodology was chosen to obtain the expected progeny

**Table 4.** Estimated heritabilities (diagonal) and genetic correlations (above diagonal) for several fibre and type traits in the Pacamarca data set.

	FD	SD	CF	CV	DE	CR/LS	HE	CO	GA
FD	<b>0.428</b>	<b>0.774</b>	<b>-0.974</b>	0.135	0.001	<b>-0.250</b>	<b>-0.201</b>	0.068	-0.080
SD		<b>0.459</b>	<b>-0.826</b>	<b>0.725</b>	-0.125	<b>-0.410</b>	-0.064	0.132	-0.017
CF			<b>0.306</b>	<b>-0.239</b>	-0.009	<b>0.284</b>	0.156	-0.105	0.046
CV				<b>0.369</b>	<b>-0.212</b>	<b>-0.395</b>	0.124	0.151	0.070
DE					<b>0.221</b>	<b>0.704</b>	<b>0.226</b>	<b>-0.073</b>	<b>0.234</b>
CR/LS						<b>0.339</b>	<b>0.345</b>	0.087	<b>0.367</b>
HE							<b>0.379</b>	<b>0.757</b>	<b>0.942</b>
CO								<b>0.418</b>	<b>0.809</b>
GA									<b>0.158</b>

Note: FD, fibre diameter; SD, standard deviation; CF, comfort factor; CV, coefficient of variation; DE, density; CR/LS, crimp (Huacaya) or lock structure (Suri); HE, head; CO, coverage; GA, general appearance.

differences of the individuals within breed. Previous estimation of genetic parameters is always mandatory, and the range of estimated heritabilities at the Pacamarca ranch allows for optimism. A sample of heritabilities in fibre and type traits (Cervantes *et al.*, 2009) estimated by restricted maximum likelihood using the VCE program (Neumaier and Groeneveld, 1998) is provided in Table 4.

The BLUP evaluation accounts for some non-genetic effects such as the sex of the animal, the coat colour and the month and year of shearing, allowing isolation of the additive genetic value. The influence on the animal which is not of genetic origin (the permanent environmental effect) is also removed. The breeding values are accompanied by a value measuring their reliability, allowing ranch managers to carry out an appropriate genetic selection. To our knowledge, this is the only Alpaca ranch in the world with a genetic value for each of its animals.

### Embryo transfer

After the genetic evaluation experience, Pacamarca acquired the ability to identify its best animals. However, a quick genetic response is limited by the number of their offspring. In a natural way, only one cria is born for each female and year. If embryo mortality is also considered, then only one offspring is expected for each two fertile females.

To face this limitation, Pacamarca started an assisted reproduction program by means of embryo transfer. The males and females with the best breeding values are selected. Up to six embryos (average of four) are obtained from each elite female and transferred to females with high maternal abilities. In this way each elite female can provide a mean of four offspring yearly. Table 5 provides a summary of the data for 2009 concerning embryo transfer, showing 68% successful pregnancies by embryo transfer this year. Pregnancy is diagnosed by means of ultrasound regardless of whether the mating was natural or via embryo transfer.

### Farmers training program

The small Andean farmers are the beneficiaries of technical and scientific advances achieved in Pacamarca. The

**Table 5.** Summary of embryo production in the 2009 campaign.

	Number	%
Donor females	31	
Recipient females	145	
Flushes	131	
Collected embryos	101	77.10
Transferred embryos	101	77.10
Gestations	69	68.32



**Figure 4.** Pacamarca's breeding training program.

training farmers program (Figure 4) has been enthusiastically accepted by farmers in Peru and other countries. Communities and organised groups spend time at the ranch attending specialised courses with the aim of transferring all advances. The improvement of the managing practices of these farmers will consequently help improve the entire textile world.

### Future advances

The successes obtained by Pacamarca in just a few years have provided increasing encouragement which leads to new objectives. Some of them are the following:

- To monitor animals that are transferred to other farmers in order to know if the improvement accomplished at Pacamarca is maintained in other places.
- To incorporate animals of other farmers into the performance recording, particularly those with genetic relationships with the animals of the ranch.
- To investigate the high heritabilities found in the fibre traits which suggest the presence of genes with major effects. An initial objective in this sense would be to locate the carriers of such genes and select them, but a deeper molecular search of these hypothetical genes is not ruled out.
- To carry out a genetic evaluation using a technique known as canalisation, that is thought to reduce the variability (SanCristobal *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 2006), and to compare the resulting breeding values with BLUP breeding values to assess the possibility of replacing the traditional BLUP technique.
- To innovate breeding and operational techniques in order to increase the economic output of these animals.

Pacamarca is thus becoming the most important selection nucleus in Peru, but extending its advances to the rural community is still dependent on the educational level. Additional efforts are needed in this area.

## References

- Cervantes, I., Goyache, F., Pérez-Cabal, M.A., Nieto, B., Salgado, C., Burgos, A., and Gutiérrez, J.P.** (2009) Genetic parameters and genetic trends in fibre and subjective fleece traits in Peruvian alpacas. In XIII Jornadas sobre Producción Animal AIDA. M. Joy, J.H. Calvo, C. Calvete, M.A. Latorre, I. Casasús, A. Bernués, B. Panea, A. Sanz, and J. Balcells (Eds.). AIDA, Zaragoza. pp. 87–89.
- Frank, E.N., Hick, M.V.H., Gauna, C.D., Lamas, H.E., Renieri, C., and Antonini, M.** (2006) Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Research* 61, 113–129.
- Gutiérrez, J.P., Goyache, F., Burgos, A., and Cervantes, I.** (2009) Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. *Livestock Science* 123, 193–197.
- Gutiérrez, J.P., Nieto, B., Piqueras, P., Ibáñez, N., and Salgado, C.** (2006) Genetic parameters for canalisation analysis of litter size and litter weight traits at birth in mice. *Genetics, Selection, Evolution* 38, 445–462.
- Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H.F., Baldi, R., Wheeler, J.C., Rosadio, R., and Bruford, M.W.** (2001) Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proceeding of the Royal Society of London B* 268, 2575–2584.
- Lupton, C.J., McColl, A., and Stobart, R.H.** (2006) Fiber characteristics of the Huacaya alpaca. *Small Ruminant Research* 64, 211–224.
- McGregor, B.A.** (2006) Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Research* 61, 93–111.
- Neumaier, A., and Groeneveld, E.** (1998) Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models. *Genetics, Selection, Evolution* 30, 3–26.
- SanCristobal, M., Elsen, J.M., Bodin, L., and Chevalet, C.** (1998) Prediction of the response to a selection for canalisation of a continuous trait in animal breeding. *Genetics, Selection, Evolution* 30, 423–451.
- Wuliji, T., Davis, G.H., Dodds, K.G., Turner, P.R., Andrews, R.N., and Bruce, G.D.** (2000) Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of Alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Research* 37, 189–201.



# Definición de razas en llamas y alpacas

C. Renieri<sup>1</sup>, E.N. Frank<sup>2</sup>, A.Y. Rosati<sup>3</sup> y M. Antonini<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencia Ambiental-Universidad de Camerino-Via Circonvallazione 93-62024 Matelica (MC) – Italia;* <sup>2</sup>*Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Católica de Córdoba – Obispo Trejo 323 – X5000IYG Córdoba – Argentina;* <sup>3</sup>*European Association of Animal Production – Via G. Tomassetti 3,1/A – 00161 Roma – Italia;* <sup>4</sup>*ILO Universidad de Camerino – Piazza Cavour 19F – 62032 Camerino – Italia*

## Resumen

La raza representa un concepto central de la zootecnia y se usa para definir cualquier subdivisión dentro de una especie doméstica. En este trabajo se analiza el nacimiento y la evolución del concepto de raza a lo largo del tiempo y el impacto de la ciencia originada en su entorno. Se discuten los efectos de la domesticación desde un punto de vista genético y se clasifican las razas como: mendelianas, primarias, secundarias y sintéticas. Se analiza el concepto dentro de los camélidos domésticos y se llega a la conclusión que solo existen razas primarias. Se aclaran también conceptos desvirtuados sobre la alpaca Suri, las llamas-alpacas blancas y el concepto de pureza. Se concluye finalmente que se debería seguir el esfuerzo de empresas privadas y organizaciones públicas y privadas para organizar y establecer acciones de selección por llegar a la creación de razas estandarizadas.

**Palabras clave:** *llamas, alpacas, razas, domesticación*

## Summary

Breed performs a central concept for animal science. It is used to define subdivisions of domestic species. This work analyses the evolution through time of breed concept, and the impact of science on breed evolution. Domestication effects are discussed from genetic point of view and breeds were classified as: primary, secondary, synthetic or mendelian. The concept was analysed within South American domestic camelids in which only primary breeds exist. Misleading concepts on Suri alpacas, white coated llamas-alpacas and pure breeds were also clarified. It was finally concluded that some private enterprise, NGO's and public organisations must follow the practical steps of selection to maintain the breed standards of llamas and alpacas.

**Keywords:** *llamas, alpacas, breeds, domestication*

## Résumé

La race représente le concept central de la zootecnie et est utilisée pour définir les subdivisions des espèces domestiques. Ce travail analyse l'origine et l'évolution dans le temps du concept de race et l'impact des sciences sur l'évolution des races. On examine les effets de la domestication d'un point de vue génétique et l'on classe les races en tant que races primaires, secondaires, synthétiques ou mendéliennes. Le concept est analysé dans le cadre des camélidés domestiques de l'Amérique du Sud où l'on ne trouve que des races primaires. On clarifie également les concepts trompeurs sur l'alpaga Suri, sur les llamas-alpagas blancs et sur les races pures. On arrive finalement à la conclusion que les entreprises du secteur privé et les organisations des secteurs public et privé devraient suivre des étapes pratiques de sélection pour maintenir les standards de la race des llamas et des alpagas.

**Mots-clés:** *llamas, alpagas, races, domestication*

---

Presentado: 28 Julio 2009; aceptado: 13 Octubre 2009

## Introducción

Los camélidos sudamericanos domésticos (llamas y alpacas) reconocen un tiempo de domesticación o control como población doméstica de alrededor de 5.000 años A.P. (Wheeler, 1991; Wing, 1986; Reigadas, 2001). Sin embargo, la ciencia occidental los descubrió tardíamente desde el punto de vista zoológico y más aún desde un punto de vista específicamente zootécnico. Cómo sucede con otras especies domésticas afectadas a la producción por etnias y culturas no europeas, el concepto de raza y

su aplicación práctica no han llegado aún y la discusión y polémica que se derivan como consecuencia de esto han generado trabas importantes en el diseño y ejecución de planes de mejoramiento genético imprescindibles para incrementar su productividad y consiguiente rentabilidad.

Con el único fin de echar luz sobre los conceptos no claramente interpretados de la etnozootecnia en relación a camélidos domésticos, se ha desarrollado este trabajo cuyo objetivo es: presentar una rápida revisión del concepto de raza en su origen y posterior evolución, considerar las consecuencias genéticas de la domesticación, aclarar algunos conceptos desvirtuados en relación a llamas y alpacas y finalmente brindar una instancia superadora a esta situación confusa.

Correspondence to: C. Renieri, Departamento de Ciencia Ambiental-Universidad de Camerino-Via Circonvallazione 93-62024 Matelica (MC) – Italia. tel. +39(0)737 403436; fax +39 (0)737 403402; email: carlo.renieri@unicam.it

## El nacimiento del concepto de raza

El concepto de raza representa un concepto central de la zootecnia y generalmente se usa para definir cualquier subdivisión dentro de una especie doméstica.

Fue puesto en perspectiva como criterio zootécnico recién en el siglo XVIII (Neuvy, 1980; Therez, 1982) y en relación a su estudio en la especie doméstica se ha formado una verdadera ciencia propia, denominada etnozootecnia (Soc. Éthonozootecnie, 1976).

El concepto culturalmente ha quedado invariable hasta la actualidad. Sin embargo y a pesar de la concepción de la zootecnia clásica, se ha visto que la variación intraespecífica, en el campo de los animales domésticos, es mucho más amplia de lo que es posible controlar con un solo criterio de subdivisión, (Neuvy, 1980; Moncrieff, 1996). Esto es gracias a los estudios sobre los recursos genéticos de animales domésticos de todos los continentes. Ahora es evidente que cualquier subdivisión intraespecífica en la especie doméstica es el resultado de la acción simultánea de dos fuerzas, la selección natural y la selección humana, que a menudo no coinciden en los objetivos perseguidos (Mason, 1973). Ambas fuerzas han comenzado a actuar en el momento que se ha iniciado la domesticación, como resultado de los mismos procesos y se ha visto modificarse su importancia a lo largo de los milenios, pasando de un efecto esencial de la selección natural a un aumento progresivo de la selección artificial (Mason, 1973).

Digard (1990), analizando la utilización de los animales domésticos en función del nivel técnico de sus criadores, considera los niveles siguientes: caza, domesticación inicial, ganadería polivalente, ganadería intensiva especializada, ganadería industrial y ganadería en baterías. Estos niveles de utilización caracterizan la disminución progresiva de los efectos de la selección natural y el aumento simultáneo de la selección artificial.

La definición zootécnica de raza coincide solo parcialmente con el nivel que, en la genética de poblaciones corresponde a una variación intraespecífica, la Población Mendeliana, que es el conjunto de individuos que tienen igual probabilidad de encuentro reproductivo y como intercambian genes entre ellos (“genetic flow”) se encuentran sometidos a todas las fuerzas que actúan sobre la frecuencia génica (Falconer, 1974). En muchas razas, sobre todo si son numerosas y cosmopolitas, se asiste a la subdivisión en subpoblaciones y en líneas genéticas, dentro de las cuales la circulación de los genes es más directa. Por eso, en los textos clásicos de la zootecnia, se han definido varios niveles subraciales:

- a) La línea genética, grupo de individuos pertenecientes a la misma raza que presentan uno o más caracteres diferenciales transmisibles hereditariamente.
- b) La variedad, conjunto de individuos de la misma raza que presentan en común uno o más caracteres particulares, no transmisibles hereditariamente.

## Las consecuencias genéticas de la domesticación

Los aspectos arqueológicos e históricos de la domesticación han sido ampliamente tratados (ver Digard, 1990; Valadez Azua, 1996; Clutton-Brock, 1999).

Los mecanismos biológicos y las consecuencias genéticas de la domesticación han sido objeto de numerosas interpretaciones, pero muchos de los mecanismos causales analizados parecen no haber tenido una influencia verdaderamente significativa (Hall, 1993).

La consecuencia más significativa de la domesticación, es la intervención directa del hombre sobre la evolución de los animales y en tal sentido, la domesticación representa una de las posibles interacciones entre el hombre y los animales junto a la caza, la transformación ambiental que incide indirectamente sobre los animales y otras influencias (Digard, 1990).

En general, los efectos genéticos de la domesticación pueden ser relacionados a los siguientes fenómenos:

- Un efecto selectivo importante sobre varios caracteres, directamente favorecidos o desfavorecidos de la irrupción de la selección humana sobre la selección natural;
- Un fuerte “efectos de los fundadores”, caracterizado por la separación de los animales domésticos de sus progenitores silvestres.
- Un efecto de la deriva genética a cargo de los genes selectivamente neutros o no directamente implicados de la selección humana.

Hay una opinión difundida entre muchos especialistas de la domesticación que esta no habría provocado una divergencia genética, tal de poder crear una verdadera separación entre especies domésticas y progenitores silvestres. Esto explica la persistente interfertilidad existente entre las dos categorías, como se ha demostrado por ejemplo entre el perro y el lobo, el cerdo y el jabalí, la oveja y el muflón medio oriental, la llama y el guanaco, la alpaca y la vicuña (Gray, 1954).

Una clase de genes, sobre los cuales es posible interpretar los efectos de la domesticación son los que codifican para caracteres “a efectos visibles” de herencia simple, como el color de la capa o la estructura del vellón. Esto es debido al hecho de que los animales silvestres son siempre uniformes respecto a sus caracteres exteriores. Tal uniformidad representa la mejor adaptación posible del animal al ambiente en el cual vive (el “biotopo”) (Lauvergne, 1982 a,b).

Sobre los caracteres a ‘efectos visibles’, la domesticación ha provocado lo siguiente:

- variación del ‘fitness’ de algunos genotipos
- anulación de los coeficientes de selección natural activos contra algunos genotipos

- transformación de algunos caracteres de selectivamente neutros a selectivamente activos.

En general, se observa:

- mayor pérdida del valor de ajuste (fitness) en los genotipos que representaban, en el animal silvestre, el mejor adaptado respecto a la presión ambiental y que explicaban la uniformidad fenotípica de la especie silvestre relativa a los caracteres cualitativos (color, tipo de capa, presencia y forma de los apéndices de las faneras, etc.)
- presencia de variabilidad en muchos caracteres no ventajosos desde un punto de vista reproductivo (basta pensar, a tal propósito, a la ausencia de cuernos en la especie normalmente portadora de cuernos)
- elevado valor reproductivo de algunos caracteres no interactuantes con el ambiente.

La consecuencia práctica es el paso de una especie silvestre progenitora (uniforme para los caracteres fanerópticos) a una población doméstica, caracterizada por un acumulo de variantes fenotípicas visibles (Lauvergne, 1982b).

También los caracteres biométricos muestran tener un rápido aumento de su variabilidad, como está demostrado en el descubrimiento en todas las especies domesticas (bovino, caballo, perro, oveja), de los “tipos” morfológicamente diferentes desde un punto de vista osteológico (Epstein, 1971; Bokonyi, 1974, 1976; Muzzolini, 1988). La existencia de los “tipos” morfológicos está descrita también en los camélidos sudamericanos domésticos (Bonavia, 1996).

**Tabla 1.** Clasificaciones intra-específicas fundadas en criterios genéticos y evolutivos.

Frankel * (1971)	Mason (1966)	Denis (1982)	Lauvergne (1982 <sup>a</sup> )
Especies silvestres y malezas	Especies silvestres		Poblaciones silvestres
Variedades primitivas (Cultivares tradicionales)	Poblaciones no uniformes	Primitivas	Poblaciones tradicionales
Cultivares o variedades obsoletas (cultivares avanzados)	a) Tipo pesado b) Ordinario b1) Razas Menores, Nuevas, Desaparecidas, Extintas b2) Variedades Cruzas	Secondarias	a) Razas estandarizadas a1) simples a2) sintéticas b) Selección ligneanas
Poblaciones genéticas especiales		Sintéticas Mendelianas	a) Razas estandarizadas sintéticas b) Selección ligneanas Lignéas marquéas

\*genética vegetal.

En cambio, es imposible reconstruir el efecto de la domesticación sobre otras categorías de genes, ya sean selectivamente activos pero “no visible” (polimorfismo de la sangre, de la leche, etc.) o ya sea sobre otros genes considerados neutros. No sabemos si para los primeros puede valer la regla de la uniformidad típica de los caracteres a ‘efectos visibles’ en el animal silvestre progenitor. Además, también la especie silvestre evoluciona genéticamente en el tiempo, y por eso en ningún caso podemos tomar al animal actual como referencia de los existentes en la época de la domesticación. Estos son poco aptos para estudiar la evolución post-domesticatoria de la forma doméstica.

En general, los centros de domesticación han llevado a difundir animales portadores de nuevas mutaciones genéticas. Sucesivamente otros centros de diferenciación han desarrollado la función de difusores de mutaciones y tipos genéticos diferentes, y por eso la difusión de la forma doméstica, al igual que en la especie humana, puede ser descrita como una progresiva sobreposición de diferentes ondas migratorias (Blanc, 1984; Piazza, 1991).

Lauvergne (1979) ha propuesto un modelo para explicar la distribución de la población animal doméstica en el mundo, basado sobre un centro de origen de los animales (centro de domesticación y simplemente centro de diferenciación de una nueva raza) del cual parten migraciones discontinuas centrifugas e isotropas a velocidad de difusión comparable. Admitiendo que la raza no evoluciona durante la migración y que la última onda migratoria subordina genéticamente a la precedente, se llega a un esquema de aureolas concéntricas en torno al centro de origen. Las aureolas concéntricas más distantes del centro de origen representan la población más arcaica o primaria.

Muchos estudios han sido realizados sobre el problema en la genética vegetal, gracias sobre todo a los trabajos pioneros de Vavilov. Este autor, identificó diferencias entre centros de domesticación, centros de origen y difusión de los recursos genéticos vegetales (Frankel, 1971) (ver Tabla 1).

## Formación de la raza y redistribución del pool genético de la especie

Las razas son el resultado de un conflicto generado entre las condiciones de vida que se dieron como consecuencia de la domesticación (sobre todo la selección artificial) y la selección natural, la cual mantiene en cada población un cierto efecto. Cada raza presenta, por tanto, una variabilidad genética más o menos grande.

La selección artificial y la selección natural, presentes contemporáneamente, pueden producir efectos que varían en distintos sentidos, por lo que se pasa de razas prácticamente detenidas en un estadio de post-domesticación a razas en las cuales está casi completamente desaparecida la interacción con el ambiente (Digard, 1990).

Dado que, la variación intraespecífica presenta niveles de variabilidad muy diversos, parece muy evidente la “subjetividad” del concepto de raza. De tal manera que, a menudo, representa más una convención entre criadores que un tipo genético verdadero y propio. Actualmente no existe ningún límite de la variabilidad genética que pueda diferenciar las razas entre sí.

Tomando en cuenta lo sucedido con los recursos genéticos vegetales (Frankel, 1971) y pasando de una visión estática a una visión dinámica de la variación animal post-domesticatoria, se han propuesto numerosas clasificaciones (Mason, 1966, 1984; Lauvergne, 1982a; Denis, 1982) .

Todos tienen como elemento de partida, la domesticación es decir, la creación de una especie doméstica a partir de una o más especies silvestres. Los mecanismos causales de la creación de las formas domésticas son los mismos de la especiación (alopatría, peripatría, etc.) Las diferencias residen en la menor intensidad y en la reversibilidad de los efectos en el caso de la domesticación. En ningún caso, llegan a una divergencia genética real (Tabla 1).

Una clasificación adecuada a los criterios zootécnicos puede ser aquella que subdivide los cuatro tipos de razas en:

- Raza primitiva, primaria o población tradicional
- Raza secundaria ( o estandarizada)
- Raza sintética o compuesta
- Raza mendeliana.

### Raza primitiva, primaria (población tradicional)

La raza primaria está constituida por animales que han quedado en los primeros niveles post-domesticatorios. La característica esencial es que los animales presentan una gran variabilidad de los rasgos morfológicos, cualitativa y biométrica, sobre todo lo relativo a los caracteres a ‘efectos visibles’.

Corresponden a las “razas naturales” o “razas geográficas” existentes en la especie silvestre y a los cultivos tradicionales del mundo vegetal que representan la primera redistribución del pool genético de la especie.

Los mecanismos de formación son consecuencia del efecto del aislamiento geográfico y pueden ser:

- Alopátrico, cuando una población hija pequeña se separa geográficamente, aislándose totalmente de la población parental grande.
- Peripátrico, cuando la población hija se aísla en los límites externos del área de la población parental o mayor (“aislamiento periférico” o “especie incipiente” de Darwin).

Los dos mecanismos difieren de aquellos implicados en la especiación solamente porque son reversibles. Las consecuencias genéticas están ligadas a la existencia de los diferentes biotipos posibles y por tanto a diferentes valores selectivos que los mismos alelos pueden asumir. La consecuencia no es la variación de la frecuencia de una raza

geográfica a la otra, el polimorfismo genético es por tanto bastante amplio.

En general, en la raza primitiva falta un programa de selección unívoco y claro, porque no existe una asociación de criadores, no existe un Libro genealógico ni registros anagráficos y a menudo falta también una especialización unívoca y claramente definida.

Tienen una importancia genética extraordinaria, por lo que tienden a conservar, en su interior, una gran variabilidad genética; representan por tanto una verdadera reserva propia de genes.

### Raza secundaria (o estandarizada)

Las razas secundarias han sido obtenidas, en épocas históricas bastante recientes (a menudo a partir del siglo XVIII d.C.) a partir de la raza primaria, sobre la base de dos mecanismos diferentes:

- aislamiento dentro de raza (amplitud excesiva del área geográfica de la raza primitiva).
- selección artificial según criterios muy específicos.

El aislamiento reproductivo creado en la raza primaria no ha permitido la diferenciación, por lo que tiende a reproducirse solo una parte de la variabilidad de la población de las cuales han sido extraídas. Representan por tanto, una segunda redistribución del pool genético de la especie, sin el descubrimiento de nuevos genes, a excepción de mutaciones eventuales o de inmigraciones de genes de razas exóticas.

Las consecuencias genéticas dependen de los factores que tienen mayor efecto sobre la variación de la frecuencia génica. En el caso en el cual los factores prevalecientes son la adaptación ambiental, la migración génica y la mutación, sobre todo recurrentes, la raza secundaria tiende a mantener un tipo de heterocigosis bastante alto, similar al de la raza primitiva. Por otra parte, si prevalecen las acciones del hombre o fenómenos de deriva genética, la raza tiende a aumentar la homocigosis.

Las razas examinadas, están definidas también como razas estandarizadas porque a partir de ellas, en el siglo XVIII en Gran Bretaña, se componen los “standard de las razas” y la tendencia a la uniformidad exterior de los animales en relación a los caracteres cualitativos a ‘efecto visible’; se forman además las primeras asociaciones de criadores y se abren los primeros Libros Genealógicos (Neuvy, 1980; Therez, 1982; Moncrieff, 1996).

Una raza secundaria se caracteriza por:

- existencia de una asociación de criadores, a menudo oficialmente reconocida;
- definición de un estándar racial.
- claras indicaciones de las direcciones de mejoramiento de la raza en producción y en la morfología de los animales;
- generación de un sistema de registro de los animales, sea como simple Registro anagráfico (solo anagrafe y



genealógico), como Libro genealógico (anagrafe, genealogía y control funcional)

- existencia de un Comité técnico de expertos (sobre todo de genética animal y de mejoramiento genético), tiene soporte de las decisiones técnicas de parte de la asamblea de la asociación de criadores.

### Razas sintéticas o compuestas

Las Razas sintéticas derivan de la combinación de razas secundarias o más raramente, una combinación de razas primarias y secundarias. Por lo que dan origen a combinaciones particulares de varios caracteres, estos representan actualmente un gran motor de creación de variabilidad. La optimización de las combinaciones obtenidas requiere naturalmente la estrecha asociación entre los efectos de la cruce y de la selección. Es posible hablar de raza, de hecho, cuando se pasa de la cruce al mestizaje ('upgrading').

Los modelos genéticos en que se basa la raza sintética están relacionados a la migración. La población que recibe debe tener frecuencia génica diferente de la población que entra y la mezcla entre animales debe ser lo más amplia posible.

Por lo que son el resultado de la combinación de razas diferentes, las razas sintéticas tienen una variabilidad genética superior a la de la raza secundaria. Tienden por tanto, sin llegar todavía, a reconstruir totalmente la variabilidad genética de la raza primitiva.

Desde un punto de vista práctico, son organizadas como las razas secundarias. Necesitan, por tanto de:

- una asociación de criadores;
- un estándar racial.
- direcciones de mejoramiento de la producción y de la morfología de los animales bien definidos y unívocos para todos los animales;
- Registro o Libro genealógico;
- Comité técnico de expertos.

### Razas mendelianas

Las razas mendelianas pueden ser extraídas de cualquiera de las precedentes, creando una barrera reproductiva en función de uno o algunos pocos caracteres cualitativos. Este tipo de raza es particularmente frecuente en los animales de compañía pero tienden a aparecer también en los animales de interés económico, aprovechando genes mayores comercialmente interesantes, como la hipertrofia muscular en el bovino, porcino y ovino, los genes de hiperproliferación en la oveja, los genes de color de la capa en los animales de fibra o de piel. Un carácter que podría estar manejado por una raza mendeliana es la mutación Lustre (Suri) en la alpaca y en la llama.

También la raza mendeliana necesita de:

- asociación de criadores.

- estándar racial.
- direcciones de mejoramiento de la producción y de la morfología de los animales bien definidos y unívocos para todos los animales;
- registro anagráfico o Libro genealógico.
- Comité técnico de expertos.

### La domesticación de la llama y de la alpaca y su evolución post-domesticación

Signos arqueológicos antiguos referidos a la domesticación de la llama y a la alpaca se observan en la Puna de los Andes Peruanos (Wing, 1983; Wing, 1986; Wheeler, 1984, 1986, 1995; Wheeler *et al.*, 1976; Moore, 1988, 1989, Bonavia, 1996), en sitios arqueológicos localizados entre los 4000 y 4900 metros sobre el nivel del mar, en el ámbito de cultura de cazadores-recolectores. También en Argentina se observan signos de domesticación tan antiguos como en Perú (Reigadas, 2001). Como para numerosas otras especies animales, la primera fase de la domesticación corresponde a una evolución de las técnicas de caza; sucesivamente nació una cultura zootécnica verdadera y propia, con el descubrimiento de técnicas ganaderas relacionadas a la producción obtenida de los animales (Rick, 1980). La época de la domesticación puede remontarse a una época con fecha entre el 4000 y el 3000 a.C. Los sitios arqueológicos donde está testimoniada la domesticación en Perú están listados en Bonavia (1996) e igualmente pueden inferirse de la observación en al puna jujeña (Reigadas, 2001).

Existe un cierto acuerdo en considerar que la llama es la forma doméstica del guanaco (probablemente el ecotipo *Lama guanicoe cacsilensis*) y la alpaca la forma doméstica de la vicuña (*Vicugna vicugna mensalis*), pero tampoco se pueden excluir influencias cruzadas de las dos especies silvestres sobre las dos formas domésticas (Stanley, 1994; Stanley *et al.*, 1994; Kessler *et al.*, 1996; Hinrichsen *et al.*, 1998; Kadwell *et al.*, 2001; Palma *et al.*, 2001). Los signos de la domesticación están representados por el incremento de la presencia de restos de camélidos respecto a restos de los otros animales cazados, al cambio de la curva de sobrevivencia de los animales, al cambio de la morfología dentaria y al cambio de la caja timpánica (Herre, 1953; Wheeler, 1991). La transformación de la estructura del vellón también se puede visualizar como un signo preclaro de domesticación (Reigadas, 2001).

A partir del centro de domesticación, los dos animales domésticos se difundieron en un área más amplia de aquellas actualmente cubiertas (Dedenbach Salazar, 1990; Bonavia, 1996; Wheeler *et al.*, 1995). En esta difusión se han encontrado ambientes muy diferentes del original de la Puna andina (valles interandinos, áreas llanas limítrofes al mar, etc.) encontrando una interacción genotipo-ambiental siempre diferente. Es probable que todo esto haya comportado un aumento de la variabilidad genética y una progresiva diversificación entre los animales. De la Puna, la llama y la

alpaca, probablemente siguiendo al poblamiento de pastores originales del altiplano, se difunden en los valles interandinos de Perú, (Shimada, 1985; Shimada y Shimada, 1985, 1987) aproximadamente hace 1600 años, en Ecuador en el mismo periodo (Wing, 1986; Stahl, 1988; Miller e Gill, 1990) y hace unos 2000 años en Argentina (Reigadas, 2001). Pero es probable que los animales se hayan difundido más ampliamente, interesando también Chile, Colombia y quizás Venezuela, probablemente la región amazónica; rastros de camélidos domésticos parece que existen también en América Central (Bonavia, 1996).

La evolución post-domesticación de la llama y de la alpaca pueden ser esquematizadas en tres grandes periodos:

- la fase de la pre-conquista, de la domesticación a la llegada de los conquistadores.
- La gran crisis de la conquista, que duró pocos decenios, pero fue de impacto devastador;
- el desarrollo sucesivo a la conquista, de la reanudación de los camélidos domésticos hasta el momento actual.

### Fase de la pre-conquista

El primer periodo, la fase precedente a la Conquista es difícil de descifrar. Como es sabido, las culturas pre-españolas no nos han dejado testimonios escritos y también las iconografías son escasas. La primera descripción hecha por los Conquistadores (Bonavia, 1996) son a menudo datos genéricos, con un reconocimiento tardío de la diferencia entre alpaca y llama y por tanto hecho durante la confusión biológica introducida por la Conquista. Hace falta por tanto trabajar sobre los dos tipos de fuentes, los restos arqueológicos y los animales momificados (El Yaral, cultura Chirabaya; Wheeler *et al.*, 1995). Las principales conclusiones que pueden ser extractadas de los estudios son:

- llama y alpaca parecen especies bien separadas en su uso dentro de la sociedad pastoral pre-incaica e incaica.
- La alpaca es un animal que parece unido más a la producción de fibra, los primeros repertorios descubiertos relativos a este animal tienen fecha de al menos hace 3000 años. Ciertamente la práctica textil era bien conocida en la sociedad pre-incaica;
- La llama se presenta más variable que la alpaca y esto explica sus diversas funciones; era un animal de carga lo mismo civil que militar (Murra, 1978), era esquilado por su fibra (en El Yaral, algunas llamas tienen un vellón muy fino); probablemente servía también para el aprovechamiento de la carne.
- ambas especies eran probablemente usadas en los sacrificios.

Particularmente interesante son los datos relativos sobre las 26 momias de llamas y alpacas de El Yaral (Rice, 1993). El diámetro de la fibra varía notablemente; tanto en la alpaca como en la llama aparecen dos grupos, de  $17.9 \pm 1.0$  y de  $23.6 \pm 1.9$  micrones de media en la

primera especie, desde  $22.2 \pm 1.8$  y desde  $32.7 \pm 4.2$  en la segunda. La variación del diámetro dentro de la misma capa es baja, esto testimonia una importante acción selectiva para el mejoramiento de la finura tanto en alpacas finas y súper finas. Por otra parte, casi todos los animales son uniformemente pigmentados (Wheeler *et al.*, 1995). Hallazgos similares en las quebradas intermontanas del noroeste argentino confirman que esto era una situación generalizada (Reigadas, 2001).

Nada sabemos sobre la existencia de eventuales razas diferentes. No sabemos tampoco si la separación entre la llama y la alpaca era clara o si las dos especies se cruzaban libremente, con lo cual considerarlas especies diferentes, al menos desde el punto de vista zootécnico, sería aventurado.

### La crisis de la conquista

Todos los cronistas de la Conquista: Agustín de Zarate, Francisco de Xeres, Pedro Cieza de León, (Sumar, 1993) están de acuerdo en describir una gran abundancia de camélidos domésticos y silvestres, y a menudo no los diferencian entre ellos (ver Bonavia, 1996). Algunos historiadores llegan a hablar de un número variable entre 30 y 50 millones de animales (Crosby, 1972; Lara, 1966). La llegada de los Conquistadores ha provocado sobre todo una reducción drástica de los animales, estimada en torno al 90% del total (Flores Ochoa, 1977, 1982) junto a una reducción de aproximadamente del 80% de la población humana (Wachtel, 1977). Las causas han sido varias, pero ciertamente entre las más importantes podemos enumerar:

- la matanza de los animales por parte de los Conquistadores para la carne. La gran cantidad de animales muertos en un breve periodo de tiempo está testimoniada por numerosos autores de la Conquista (ver Bonavia, 1996, cap. 7.3)
- la llegada de nuevas enfermedades vehiculizadas por los hombres y los animales domésticos de origen europeo. Garcilaso de la Vega cita la sarna como enfermedad terrible nunca vista en Perú (ver Bonavia, 1996).
- el completo trastorno y el abandono del ordenado sistema zootécnico de los incas (Flores Ochoa, 1982; Bonavia, 1996).

Junto a la reducción de número, son consideradas otras dos consecuencias: la marginalización geográfica de los animales y la pérdida, si existían, de barreras reproductivas entre las dos especies.

La llama y la alpaca abandonan las zonas costeras y valles interandinos, y se refugian, junto a la población humana, en la Puna, sobre los 3800 metros sobre el nivel del mar. Las dos especies domésticas vuelven a vivir en el contexto ambiental en el cual han sido domesticadas pero del cual se habían alejado varios milenios antes. Volvieron a adaptarse al ambiente del altiplano sin ser animales de montaña (Bonavia, 1996).

La desarticulación del sistema de ganadería lleva a una mezcla casual entre las dos especies y entre ésta y los agriotipos silvestres, como consecuencia de la existencia de las cuatro especies en la misma área de sobrevivencia.

Genéticamente hablando, las consecuencias de la Conquista son dramáticas y a tal punto de hacer cambiar definitivamente a los animales respecto a la situación precedente. En particular, queriendo esquematizar los efectos se puede afirmar que:

- el efecto a 'cuello de botella' provocado por la drástica reducción numérica ha provocado una fuerte variación casual de la frecuencia de los genes presentes en la población con consecuentes fijaciones de algunos genes (y por tanto caracteres) y desaparición de otros. El efecto de deriva genética ha sido seguramente muy fuerte pero no existe algún medio para cuantificarlo, ni para poder individualizar la cantidad y el tipo de características desaparecidas;
- para los animales regresados a la Puna, la selección natural vuelve a tomar la delantera respecto a la artificial, con la consecuente pérdida de la especialización que parecía estar afirmada ya en época pre-incaica.
- la eficiencia de la ganadería decae completamente.
- la mezcla entre la llama y la alpaca reduce la divergencia genética que probablemente era más amplia en la fase de la preconquista (Wheeler *et al.*, 1992).

### Desarrollo sucesivo a la conquista

La fase sucesiva a la Conquista inicia con el progresivo y lento aumento del número de animales. Al final de la dominación española se cuentan, 440000 alpacas y aproximadamente un millón de llamas (Sumar, 1993). La numerosidad actual está enormemente lejana de la estimada para la época de la Conquista, pero está en duda que la especie doméstica esté actualmente bien consolidada. El sistema de ganadería permanece no especializado y es así ahora en Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Ningún programa de selección existe en desarrollo actualmente en estos países ni para la llama ni para la alpaca.

El interés por la fibra de alpaca empieza a hacerse importante en la industria textil europea a finales del 1700 e inicios del 1800 (Walton, 1811). Sobre la base de la petición industrial, se ha asistido en los últimos decenios a un progresivo aumento de los animales uniformemente blancos respecto a los de color (Novoa, 1981, 1990; Ruiz Cornejo y Castillo Cáceres, 1991; Fernandez-Baca, 1994). Estudios actuales hablan de un 80% de animales blancos. La reducción de la variabilidad ha llevado al nacimiento de Centros de conservación de animales de color (Ruiz Cornejo y Castillo Cáceres, 1991).

### La formación de la raza en la fase sucesiva a la conquista

En la imposibilidad de referirse a la situación precedente a la Conquista, dado el dramático trastorno que ha provocado

ésta, la dinámica de creación de la raza solo puede ser observada en la fase sucesiva a la misma. Precedentemente, de hecho, una cierta estandarización siempre ha existido, pero el nivel de consciencia "racial" de las culturas pre-incaicas y la de los incas es completamente desconocida.

Para responder a la pregunta si las razas de llamas o de alpacas existen, debemos confrontar con la clasificación genético-evolutiva de la raza precedentemente expuesta.

Los trabajos realizados por Lauvergne en el ámbito de los proyectos E.U. "Pelos finos" y "SUPREME" han permitido identificar, en la llama, en diferentes localidades del Altiplano Argentino y Boliviano las típicas razas primitivas (Lauvergne, 1994; Lauvergne *et al.*, 2001) Las poblaciones están caracterizadas por una elevada variabilidad de los caracteres externos, demostrado esto por el alto valor del índice de primariedad. La misma situación puede observarse en algunas poblaciones de alpaca donde el "efecto de blanqueo" aún no ha llegado.

No parece existir actualmente razas secundarias en la llama y la alpaca. En esta última especie, empero, tres situaciones parecen anunciar la creación próxima de razas secundarias.

Dos son los rebaños seleccionados para las Compañías privadas INCA Tops y Mitchell. Los animales, de hecho, están controlados en sus características de producción y existe un sistema de registros anagráficos. En ambos casos existe un núcleo principal, motor de la selección y una serie de haciendas unidas genéticamente a éste que reciben los reproductores. Al aumentar el número de haciendas, las dos experiencias darán seguramente origen a una entidad étnica bien definida. La tercera experiencia está representada por el programa de selección que la ONG DESCO está llevando adelante en la región en Caylloma, a partir del núcleo de Tocra (Proyecto CEDAT). Este núcleo está en estrecha relación con un número elevado de multiplicadores y de haciendas comerciales. Si DESCO alcanza a hacer funcionar bien un registro anagráfico y a conformar un correcto estándar racial, también esta experiencia dará origen a una raza secundaria de alpaca bien definida (Gonzales y Renieri, 1998).

Una situación similar impulsan en Argentina con Llama algunas organizaciones privadas y asociaciones de productores.

### Algunas consideraciones relacionadas al concepto de raza en llama y alpaca

Parece pertinente aclarar algunos aspectos que, mal interpretados, parecen generar grandes confusiones entre los actores relacionados a la producción de Camélidos Sudamericanos.

#### El problema del Suri

El tipo de vellón Suri ha sido casi seguramente provocado por una mutación (o de algunos pocos genes mutantes),

descubierto espontáneamente en una época no localizada, que hace variar considerablemente las características de la capa. Por un efecto pleiotrópico o por un efecto de asociación (linkage), esta mutación parece tener efectos sobre otros caracteres (Renieri *et al.*, 2009).

La mutación Suri está presente tanto en la alpaca como en la llama (Frank *et al.*, 2001). No existen estudios que tienden a justificar una ventaja selectiva, al contrario, el Suri parece un animal con desventajas ante la selección natural, aunque la fibra lustre es potencialmente atractiva para la industria textil. La frecuencia del gen, lo que está directamente unido a la acción selectiva de los ganaderos que identifican su presencia y separan reproductiva a los otros animales, no autorizan mínimamente a hablar de raza, como propone Sumar (1993). No basta observar una mutación para definir inmediatamente una estructura compleja como la raza. Se podrá hablar de una raza Suri solo cuando en relación a esta haya sido creada una organización necesaria (Asociación de ganaderos, estándar de raza, direcciones de mejoramiento, Libro Genealógico o registro anagráfico, etc.)

## Las alpacas blancas

También en este caso, y en un sentido similar a lo expresado para el Suri, la existencia de la selección humana hacia un carácter no ha llevado a la creación de una dinámica racial. Un ejemplo de lo dicho anteriormente está representado en los ovinos, en los cuales hay muchas razas independientes con animales todos de color blanco uniforme (Adalsteisson *et al.*, 1980). Una situación similar a la alpaca se está desarrollando en la cabra cashmere (Millar, 1986).

## Pureza racial

Mucho se habla en este momento en Perú de “pureza” de especie y, consecuentemente, de población de alpaca y llama. El concepto de pureza corresponde, en sentido mendeliano, a la homocigosis. En este sentido está ampliamente aceptado por la genética que tal concepto no es más aplicable a la población animal, sean esas razas o incluso especies, en cuanto existe una fuerte variabilidad individual también dentro de poblaciones consanguíneas. Es sabido que un exceso de consanguinidad aumentará el nivel de homocigosis, pero provocaría también un fuerte efecto de depresión, vista la relación directa existente entre el valor del Coeficiente de consanguinidad y la carga genética de la población (es decir la reducción de la vitalidad y de la sobrevivencia neonatal de los animales) (Cavalli Sforza y Bodmer, 1971) En la llama y en la alpaca, además la posibilidad de establecer la pertenencia a la especie en función de la “pureza” se contradice por varias situaciones:

- el origen filogenético común de las dos especies, que le hacen participar a una parte importante de los genes en común.

- los efectos de deriva génica que provoca el ‘shock’ de la conquista, con variación casual del todo desconocida
- la mezcla oscura entre los animales de las dos especies como consecuencia de la destrucción del ordenado sistema incaico.
- la mezcla casual que puede haber existido con las especies silvestres.

Parece por esto arriesgado basar programas de mejoramiento genético en tales nociones.

El estado peruano ha tratado de impulsar la selección en la alpaca, creando un Libro Genealógico nacional, que incluye todas las alpacas criadas. Esta estrategia, así planteada, es errónea. El Libro Genealógico es un potente instrumento de mejoramiento genético que presupone una raza (de cualquier tipo, primaria, secundaria, etc.) existente. El asunto de base está en que todos los animales criados en Perú pueden ser considerados como pertenecientes a una única raza sin considerar las diferencias existentes entre diversos ambientes geográficos, entre sistemas de crianza y entre direcciones selectivas. Es en conclusión un atajo que no puede llevar a ningún resultado. Exactamente lo mismo puede suceder en Argentina si los planes propuestos por las asociaciones y organismos no gubernamentales prosperan.

## Conclusiones

Al final de esta rápida panorámica sobre la dinámica en los camélidos sudamericanos domésticos, podemos concluir que existen razas de alpaca y de llama. Estas son las llamadas “razas primitivas” o “razas primarias” las razas que derivan de la primera diferenciación intraespecífica post-domesticatoria. En el caso de las dos especies, el origen más que post-domesticación parece ser referido a la consecuencia genética del ‘shock’ de la Conquista.

Existen poquísimos ejemplos de estandarización y solo limitados a la alpaca, para compañías privadas. Es por tanto probable que tales razas quedaran en una difusión muy limitada.

Está aumentando el interés de los ganaderos para recurrir a un adecuado mejoramiento genético de los animales, para valorizar la producción de las dos especies. Ningún programa de mejoramiento genético puede estar hecho sin tener como substrato una raza. La idea de hacer un programa nacional como se ha intentado en Perú, no es racional. Es por eso deseable que esta dinámica racial comience a producirse a nivel de Comunidad y de áreas ecológicas bien definidas.

Para poder soportar bien tal dinámica, sería oportuno que se realizase un relevamiento verdadero y propio de la raza primaria, tanto en la llama como en la alpaca; en Bolivia, Perú, Argentina y Chile, siguiendo con los estudios pilotos realizados por Lauvergne y sus colaboradores. Esto permitiría conocer más precisamente la estructura

genética real de la población primaria existente, con la posibilidad de adecuarse mejor a las direcciones selectivas de cualquier población.

Sería oportuno seguir y observar con gran atención la experiencia de DESCO en la región de Caylloma, porque representa una primera intención de involucrar comunidades campesinas en un proyecto de selección sobre una población animal que puede producir una verdadera raza secundaria (Alpaca DESCO o Alpaca Caylloma).

## Referencias

- Adalsteinsson, S., C.H.S. Dolling J.J. Lauvergne.** 1980. Breeding for white colour in sheep. *Agricultural Record* 7, 40–43.
- Blanc, M.** 1984. L'histoire génétique de l'espèce humaine. *La Recherche* 155, 654–669.
- Bokonyi, S.** 1974. History of domestic mammals in Central and Eastern Europe. Akademiai Kiado, Budapest.
- Bonavia, D.** 1996. Los Camelidos sudamericanos. Una introducción a su estudio. IFEA – UPCH – Conservation International, Lima, Peru.
- Cavalli-Sforza, L.L. & W.F. Bodmer.** 1971. The Genetics of Human Populations. W. H. Freeman, San Francisco.
- Clutton-Brock, J.** 1999. A natural history of Domesticated Mammals. Cambridge University Press.
- Crosby, A.W.** 1972. The Columbian exchange. Biological and cultural consequences of 1492, Greenwood Press, Westport.
- Dedenbach Salazar, S.S.** 1990. Inka pachaq llamanpa willaynin. Uso y crianza de los Camelidos en la Epoca Incaica. BAS 16. Bonner Amerikanistische Studien (Estudios Americanistas de Bonn), Bonn, Germany.
- Denis, B.** 1982. Consequences génétiques de l'évolution des races. *Ethnozootecnie* 29, 12–18.
- Digard, J.P.** 1990. L'homme et les animaux domestiques. Anthropologie d'une passion. Fayard "Le temps des sciences", Paris, France.
- Epstein, H.** 1971. The origin of the domestic animals of Africa. Africana Publish. Corp., New York.
- Falconer, D.S.** 1974. Introduction à la génétique quantitative. Masson et Cie Ed., Paris.
- Fernandez-Baca, S.** 1994. Genetic erosion on Camelidae. *Animal Genetic Resources Information, FAO*, 97–105.
- Flores Ochoa, J.A.** 1977. Pastores de Alpaca de los Andes. In J.A. Flores Ochoa (Ed), Pastores de Puna. Uywamichiq Punarunakuna. Instituto de Estudios Peruanos, Lima, 15–49.
- Flores Ochoa, J.A.** 1982. Causas que originaron la actual distribución espacial de las Alpacas y Llama. In L. Millones & Hiroyasu Tomoeda (Ed), Senri Ethnological Studies, N° 10, National Museum of Ethnology, Osaka, 63–92.
- Frank, E., M.H.V. Hick, C. Renieri, C.M. Nuevo Freire, C.D. Gauna & J.G. Vila Melo.** 2001. Preliminary segregation analysis on types of fleece in Argentine llamas. In M. Gerken & C. Renieri (Eds), Progress in South American Camelids research, EAAP Publ. N° 105, 63.
- Frankel, O.H.** 1971. The significance, utilization and conservation of crop genetic resources. FAO, Roma.
- Gonzales Paredes, M. & C. Renieri.** 1998. Propuesta de un plan de selección de la población de alpacas en la provincia de Caylloma, Arequipa. In E. Frank, C. Renieri & J.J. Lauvergne (Eds), Actas del tercer Seminario de Camelidos Sudamericanos Domesticos y primer seminario Proyecto SUPREME, Universidad Católica de Córdoba, 27–38.
- Gray, A.P.** 1954. Mammalian Hybrids. A check list with bibliography. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England.
- Hall, S.J.G.** 1993. Pourquoi autant de races d'animaux domestiques? *Ethnozootecnie*, 52, 77–92.
- Herre, W.** 1953. Studien am skelet des mittelohres wilder und domestizierter formen der gattung Lama Frisch. Acta Anatomica, N° 19. S. Karger. Base-New York, 271–289.
- Hinrichsen, P., V. Obreque, G. Merabachvili, R. Mancilla, J. Garcia-Huidobro, B. Zapana, C. Bonacic & F. Bas.** 1998. Uso de marcadores moleculares para estudios de filiación y de diversidad genética de camelidos sudamericanos. Manejo Sustentable de la Vicuña y Guanaco, Santiago, Chile.
- Kadwell, M., M. Fernandez, H.F. Stanley, R. Baldi, J.C. Wheeler, R. Rosadio & M.W. Bruford.** 2001. Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and alpaca. *Proc. R. Soc. Lond.*, 268, 2575–2584.
- Kessler, M., M. Gaulty, C. Frese & S. Hiendleder.** 1996. DNA-studies on South American Camelids. In M. Gerken & C. Renieri (Eds), 2nd Europ. Sym. South American Camelids, Camerino, 269–278.
- Lara, J.** 1966. El Tahuantinsuyo. Cochabamba, Los Amigos del Libro, Enciclopedia Boliviana.
- Lauvergne, J.J.** 1979. Modèles de répartition des populations domestiques animales après migration par vagues à partir d'un centre d'origine. *Ann. Génét. Sél. anim.*, 11, 105–110.
- Lauvergne, J.J.** 1982a. Genética en poblaciones animales después de la domesticación: consecuencias para la conservación de las razas. Proc. II World Congr. Genet. appl. Liv. Prod., Madrid 6, 77–87.
- Lauvergne, J.J.** 1982b. Races et genes à effets visibles. *Ethnozootecnie*, 29, 19–23.
- Lauvergne, J.J.** 1994. Characterization of domesticated domestic resources of American Camelids: a new approach. In M. Gerken & C. Renieri (Eds), Proc. First Europ. Symp. South Am. Camelids, Camerino, 59–68.
- Lauvergne, J.J., Z. Martinez, C. Ayala & T. Rodriguez.** 2001. Identification of a primary population of South American domestic Camelids in the provinces of Antonio Quijarro and Enrique Baldivieso (Department of Potosi, Bolivia) using the phenotype variation of coat colour. In M. Gerken & C. Renieri (Eds), Progress in South American Camelids research, EAAP Publ. N° 105, 64–74.
- Mason, I.L.** 1966. A world dictionary of livestock breeds, types and varieties. CAB International, Wallingford, U.K.
- Mason, I.L.** 1973. The role of natural and artificial selection in the origin of breeds of farm animals. *Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol.*, 90, 229–244.
- Mason, I.L.** 1984. Evolution of domesticated animals. Longman, London.
- Millar, P.** 1986. The performance of Cashmere goats. *ABA*, (54), 3, 181–199.
- Miller, G.R. & A.L. Gill.** 1990. Zooarchaeology at Pirincay, a formative period site in highland Ecuador. *J. Field Archaeology*, 17, 49–68.
- Moncrieff, E.** 1996. Farm animal portraits. Antique Collectors' Club Ltd, Woodbridge, Suffolk, U.K.
- Moore, K.M.** 1988. Hunting and herding economies on the Junin Puna. In E.S. Wing & J.C. Wheeler (Eds), Economic prehistory of the Central andes. Oxford. BAR International Series 427, 154–166.

- Moore, K.M.** 1989. Hunting and the origins of herding in Peru. *Ann Arbor*. University Microfilms International.
- Murra, J.V.** 1978. La organizacion economica del estado Inca. Mexico, Siglo Veniuno.
- Muzzolini, P.** 1988. Une ébauche de scenario pour le peuplement ovin méditerranéen ancien. *Colloque INRA* 47, 289–298.
- Neuvy, A.** 1980. Histoire de l'idée de race dans le cas des espèces domestiques de ruminants. *B.T.I.*, 351–352, 421–436.
- Novoa, C.** 1981. La conservacion de especies nativas en America Latina. *Animal Genetic Resources, FAO*, 349–361.
- Novoa, C.** 1990. Endangered South American Camelids. *AGRI* 80, 255–262.
- Palma, R.E., J.C. Marin, A.E. Spotorno & J.L. Galaz.** 2001. Phylogenetic relationship among South American subspecies of Camelids based on sequences of the cytochrome b mitochondrial gene. In M Gerken & C. Renieri (Eds), Progress in South American Camelids research, EAAP Publ. N° 105, 44–52.
- Piazza, A.** 1991. L'herità genetica dell'Italia antica. *Le Scienze*, 278, 62–69.
- Reigadas, M.C.** 2001. Variabilidad y cambio cultural en el NOA desde los comienzos de la domesticación animal hasta la consolidación de las adaptaciones pastoriles 2001. Tesis Filosofía, Universidad de Buenos Aires.
- Renieri, C., A. Valbonesi, V. La Manna, M. Antonini & M. Asparrin.** 2009. Inheritance of Suri and Huacaya type of fleece in Alpaca. *Ital. J. Anim. Sci.* 8, 83–91.
- Rice, D.S.** 1993. Late intermediate period domestic architecture and residential organization at the El Yará, Peru. In M.S. Aldenderfer (Ed), Andean Domestic Architecture. Iowa City, University of Iowa Press, 66–82.
- Rick, J.W.** 1980. Prehistoric hunters of High Andes. Academic Press. New York.
- Ruiz Cornejo, E. & Castillo Caceres, M.S.** 1991. Protección y conservación de alpacas de color de la raza Huacaya en la Sub Region Puno. Puno.
- Shimada, M.** 1985. Continuities and changes in pattern of faunal resource utilization: formative through Cajamarca periods. In K. Terada & D. Onuki (Eds), Excavations at Huacaloma in the Cajamarca valley, Peru, 1979. Tokyo, University of Tokyo Press, 303–336.
- Shimada, M. & I. Shimada.** 1985. Prehistoric llama breeding and herding on the north coast of Peru. *American Antiquity* 50, 3–26.
- Shimada, M. & I. Shimada.** 1987. Comment on the functions and husbandry of alpaca. *American Antiquity* 52, 836–839.
- Société d' Ethnozootechnie.** 1976. L'Ethnozootechnie. Ses relations avec les sciences. Son rôle pour un développement rural équilibré. Ethnozootechnie n° 20, Paris.
- Stahl, P.W.** 1988. Prehistoric Camelids in the Lowlands of Western Ecuador. *J. Archaeological Sci.* 15, 355–365.
- Stanley, H.F.** 1994. Genetic relationship of the family Camelidae. *European Fine Fibre Network Occas. Publ. N° 1*, 99–112.
- Stanley, H.S., M. Kadwell & J.C. Wheeler.** 1994. Molecular evolution of the family Camelidae: a mitochondrial DNA study. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 256, 1–6.
- Sumar, J.** 1993. Existen razas de llamas? *Rev Inv. Pec. IVITA* 6, 87–93.
- Therez, M.** 1982. Essai d'une dynamique des races. *Ethnozootechnie* 29, 4–11.
- Valadez Azua, R.** 1996. La domesticacion animal. Plaza y Valdés Editores, Mexico.
- Wachtel, N.** 1977. The vision of vanquished. New York, NY, Barnes and Noble.
- Walton, W.** 1811. An Historical and Descriptive Account of the Four Species of Peruvian Sheep Called Cameros de la Tierra: 115. Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown. London, England.
- Wheeler, J.C.** 1984. On the origin and early development of Camelid pastoralism in the Andes. In J. Clutton-Brock & C. Grigson (Eds), Animal and Archaeology, Vol. 3, Early herders and their flocks. Oxford. BAR International Series 2, 395–410.
- Wheeler, J.C.** 1986. De la chasse à l'élevage. In D. Lavalley, M. Julien, J.C. Wheeler & C. Karlin (Eds), Telermachay chasseurs et pasteurs préhistoriques des Andes. Paris. Editions Recherches sur les Civilisations, ADPF, 21–59.
- Wheeler, J.C.** 1991. Origen, evolucion y status actual. In S. Fernandez-Baca (Ed), Avances y perspectivas del conocimiento de los camelidos Sudamericanos. Santiago, FAO, 11–48.
- Wheeler, J.C.** 1995. Evolution and present situation of South American Camelidae. *Biol. J. Linnean Soc.* 54, 271–295.
- Wheeler, J.C., E. Pires-Ferreira & P. Kaulicke.** 1976. Pre-ceramic animal utilization in the Central Peruvian Andes. *Science* 194, 483–490.
- Wheeler, J.C., A.J.F. Russel & H. Redden.** 1995. Llamas and alpacas: Pre-conquest breeds and Post-conquest hybrids. *J. Archaeological Sci.* 22, 833–840.
- Wheeler, J.C., A.J.F. Russel & H.F. Stanley.** 1992. A measure of loss: prehispanic llama and alpaca breeds. *Arch. Zootec.* 41, 467–475.
- Wing, E.S.** 1983. Domestication and use of animals in the Americas. In L. Peel & P.E. Tribe (Eds) Domestication, conservation and use of animal resources. Elsevier, Amsterdam, 21–39.
- Wing, E.S.** 1986. Domestication of Andean mammals. In F. Vulleumier & M. Monasterio (Eds) High altitude biogeography. Oxford University Press, Oxford, 246–264.

# Razas locales y fibras caprinas, bases para un desarrollo rural del norte de la Patagonia Argentina

M.R. Lanari, M. Pérez Centeno, J. Arrigo, S. Debenedetti y M. Abad

*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Bariloche, Argentina*

## Resumen

En el norte de la Patagonia (Argentina) los sistemas caprinos son extensivos de subsistencia, con baja incorporación de tecnología. Unos 6000 pequeños productores, crían 700.000 cabras de Razas locales (Criolla Neuquina, Colorada Pampeana y otras) y 550.000 Angora, produciendo Cashmere y Mohair. La producción de Cashmere está en desarrollo, estimándose un potencial de 15 tn. Dada la gran variabilidad poblacional para características de fibra se espera buena respuesta a la selección. Apoyados en procesos participativos se busca desarrollar productos artesanales e industriales. La producción de Mohair se encuentra en mejoramiento. Argentina es el cuarto productor mundial de esta fibra (825 tn). Su desarrollo actual es promovido por el “Programa Mohair”, basado en: organización, aplicación de tecnologías apropiadas de esquila y clasificación, manejo reproductivo y mejoramiento. El “Programa” comercializa en conjunto el 10% de la producción total del país, con criterios de calidad y comercio justo. Se observan soluciones a problemas productivos, facilitadas mediante el fortalecimiento de las organizaciones y la participación protagónica de los productores. La extensión y transferencia de tecnologías apropiadas han mejorado los productos en cantidad y calidad además de poner en valor los procesos productivos tradicionales. En los casos del Cashmere y Mohair encontramos productores fuertemente arraigados a su tierra y a sus cabras, de las cuales dependen, que se ven valorizados superando las restricciones propias del sistema.

**Palabras clave:** *fibras, desarrollo, pequeños productores, Patagonia*

## Summary

In northern Patagonia (Argentina), local goats are reared under extensive production system with low inputs. Approximately 700,000 goats of local breeds (Criolla Neuquina, Colorado Pampeana and others) and 550,000 Angora, which produce cashmere and mohair are being raised by about 6000 small holders. Cashmere has a potential development of 15 tons. Due to considering the high variability in fibre traits, good response to selection is expected. Based on participatory processes, development of handicraft and industrial products are promoted. Mohair production is being improved. Argentina is the world's fourth largest producer of fibre (825 tons). Its current development is promoted by the “Mohair Program”, that based on organisation, use of appropriate technologies for shearing, fibre classification and breeding. The “Program” as a whole sells 10% of total country's production, with fair criteria to determine quality and trade values. Solutions to productive problems have been facilitated by strengthening the organisations and by the participation of producers. Extension and technology transfer contributed to improve quantity and quality of the traditional products. Moreover they focus positively on the traditional productive processes. In the cases: cashmere and mohair producers are strongly connected to land and goats, on which they are dependent. They perceive themselves as valued thus overcoming the restrictions of the system.

**Keywords:** *fibres, development, smallholders, Patagonia*

## Résumé

Dans la Patagonie septentrionale (Argentine), les chèvres locales sont élevées dans des systèmes de production extensive à faible intensité d'intrants. Quelque 6 000 petits exploitants élèvent environ 700 000 chèvres des races locales (Criolla, Neuquina, Colorado Pampeana et d'autres) et 550 000 chèvres angora qui produisent du cachemire et du mohair. La production de cachemire est en voie de développement, avec un potentiel de 15 tonnes. En raison de la grande variabilité des caractéristiques des fibres, on espère avoir de bonnes réponses à la sélection. En s'appuyant sur des processus participatifs, on favorise le développement de la production artisanale et industrielle. La production de mohair est en amélioration. L'Argentine est le quatrième producteur de fibres au niveau mondial (825 tonnes). On favorise à présent son développement dans le cadre du «programme Mohair» basé sur l'organisation et sur l'utilisation de technologies appropriées pour la tonte, la classification des fibres et la sélection. Le «programme» commercialise globalement 10% de la production totale du pays et utilise des critères équitables pour déterminer la qualité et les valeurs commerciales. Les solutions aux problèmes de production ont été facilitées par le biais du renforcement des organisations et par la participation des producteurs. La vulgarisation et le transfert de technologie ont contribué à améliorer la qualité et la quantité des produits traditionnels. De surcroît, ils ont mis en valeur les processus de production traditionnels. Pour ce qui est du cachemire et du mohair, les producteurs sont très attachés à leur terre et aux chèvres dont ils dépendent. Ils se considèrent valorisés et surmontent ainsi les restrictions du système.

**Mots-clés:** *fibres, développement, petits exploitants, Patagonie*

---

Presentado: 5 Agosto 2009; aceptado: 13 Octubre 2009

## Introducción

Con aproximadamente cuatro millones de cabras en el censo nacional, Argentina es uno de los países americanos con mayor cantidad de caprinos (FAO, 2007). La mayor parte de estos pertenecen a poblaciones o razas locales, no especializadas. La producción de fibras caprinas se localiza en el noroeste de la Patagonia, al sur de los 35° Lat. en sistemas tradicionales de producción extensivos, con baja incorporación de capital y tecnología. Los criadores de cabras son casi en su totalidad pequeños productores, campesinos y crianceros, en algunos casos trashumantes, de raíz indígena. Se estima que unas 6000 familias viven principalmente de las cabras, siendo sus sistemas generalmente mixtos, con ovinos, algunos bovinos y caballos o mulas (Lanari *et al.*, 2006; Villagra, 2005). Para estos productores las cabras son parte de su cultura y fundamento de su economía de subsistencia. La introducción de las cabras en esta región se atribuye a los españoles quienes ingresaron a la región en el siglo XVI. Los pueblos indígenas que la habitaban las incorporaron a su economía de base ganadera. Las actuales razas y poblaciones locales recibieron otros aportes de las razas introducidas posteriormente, desde fines del siglo XIX tanto Europeas como Asiáticas. Las cabras de Angora ingresaron a la región hacia principios del siglo XX y se distribuyeron en la zona adaptándose a las condiciones extremas de la meseta patagónica (Scaraffia, 1994). Actualmente se encuentran definidas en esta región las razas locales Criolla Neuquina y la Colorada Pampeana además de otras poblaciones no definidas de tronco común con las anteriores, con características fenotípicas y sistemas productivos similares, cuyo tamaño poblacional en conjunto se estima en unos 700.000 animales. Estos sistemas son principalmente productores de carne siendo reciente el aprovechamiento de la fibra Cashmere. La cabra Angora con unos 550.000 individuos se considera una raza localmente adaptada que concentra su distribución en esta área Patagónica. Esta raza es principalmente productora de fibra aunque la venta de cabritos constituye una parte importante de la economía de las familias rurales. El área de distribución de estas cabras presenta condiciones ambientales extremas tanto en temperaturas (-30°C a +40°C) como precipitaciones (800 mm a 130 mm anuales), exigiendo de los animales una gran aptitud de adaptación y rusticidad.

## Producción de fibra Cashmere

El primer registro sobre la existencia de Cashmere en la raza Criolla Neuquina fue hecho por Scaraffia (1993). Esta es una característica adaptativa y forma parte de las cualidades que ha desarrollado esta raza local en su evolución, sometida a una fuerte presión de selección natural (Lanari, 2004). Asimismo Bedotti (2001) identifica en la Colorada Pampeana vellones de doble cobertura, atribuyendo esta característica a las cabras de origen asiático

introducidas al país a principios del siglo XIX. El aprovechamiento productivo del Cashmere se inicia en el año 2004, cuando se introdujeron los peines para su colecta. Se puede considerar como un producto nuevo para estos sistemas tradicionalmente orientados a la producción de carne. Para los crianceros representa una alternativa complementaria a la actividad principal y forma parte de las estrategias de preservación de estas razas locales a través de la puesta en valor de sus productos. En forma simultánea desde el inicio del uso de la fibra se han llevado a cabo estudios y aplicación de los mismos en capacitaciones, producción y comercialización junto con un número creciente de productores.

En un extenso relevamiento poblacional se confirma que la raza Criolla Neuquina presenta una finura media de  $19 \pm 1,1$  mic con largos de mecha media de  $39 \pm 5,4$  mm y colores variados, mientras que para lotes comerciales se han verificado finuras entre 17,2 y 22 mic, con largo de mecha entre 27 y 51 mm y 45,9 a 93,6% de fibra Cashmere (Maurino *et al.*, 2008). Se observa también una gran variabilidad en estas características, debido probablemente a que esta raza nunca fue seleccionada bajo criterios de fibra. Para otras razas Bishop y Russel (1998) y Pattie y Restall (1989) han estimado coeficientes de heredabilidad medios a altos para diámetro de fibra (0,47 – 0,68), largo de mecha (0,57 – 0,70) y peso de Cashmere (0,61 – 0,67). En las razas locales argentinas se observan rangos amplios para estas mismas características (Maurino *et al.*, 2008) lo que sugiere una buena respuesta a la selección. Características determinadas genéticamente tales como largo de fibra, efecto de la edad sobre la finura, distribución de diferentes tipos de fibra en el vellón, colores, relación de folículos secundarios sobre primarios (S/P), dinámica de crecimiento, entre otras, presentan alta variabilidad en la raza Criolla Neuquina (Debenedetti *et al.*, 2007, Lanari *et al.*, 2008, Maurino *et al.*, 2008, Hick *et al.*, 2007). La Colorada Pampeana presenta fibras con diámetros medios de 22 mic. Considerando una producción media individual de 120 gr/animal/año se estima un potencial productivo de unas 15 tn en la región (Fig. 1).

A partir de la experiencia participativa del proceso iniciado para la obtención de la Denominación de Origen del Chivito Criollo del Norte Neuquino (Pérez Centeno *et al.*, 2007) se trabaja contemplando la totalidad de la cadena de valor. Los actores de este proceso son desde su inicio los crianceros, quienes son los creadores de la raza (Lanari *et al.*, 2005). Los crianceros organizados participan activamente del proceso junto con instituciones gubernamentales y tecnológicas, así como representantes del sector industrial. El desarrollo del producto se basa en los principios de comercio justo, asegurando la sustentabilidad ambiental, económica y social. Estos primeros años de aprovechamiento de la fibra han permitido establecer como debilidades la falta de conocimiento general sobre la fibra, la escasa infraestructura industrial para su procesado y la ausencia de mercado local. Por otro lado





**Figura 1.** Área de distribución de caprinos productores de fibra en la Patagonia Argentina. Referencias: A: Angora, CCN: Cabra Criolla Neuquina, CP: Colorada Pampeana.

se observa como fortalezas el carácter genuino del producto, basado en razas locales vinculadas culturalmente a sus productores, una tecnología fácilmente apropiable por los productores, la calidad de la materia prima y la base social de la producción. Teniendo en cuenta los volúmenes actuales y potenciales se ha programado un crecimiento paulatino de la producción, promoviendo acuerdos entre integrantes de la cadena de valor y apuntando a transformar la materia prima en hilados y tejidos dentro del ámbito local y nacional. La fibra en este caso se entiende como un complemento de la economía de la familia rural y también como una oportunidad de ampliar las posibilidades de creación de empleo y el agregado de valor en el proceso de transformación a partir del conocimiento que poseen sobre el hilado (Fig. 2).

La colecta de la fibra se realiza por peinado o esquila. El peinado se muestra como el modo más apropiado para el aprovechamiento del ciclo de crecimiento de la fibra, considerando el sistema productivo trashumante y sus condiciones ambientales (Lanari *et al.*, 2008). Los momentos óptimos de colecta se ubican entre julio y octubre, invierno y principios de primavera, coincidiendo con la última etapa de la gestación. Los productores suelen peinar un grupo de cabras no preñadas para familiarizarse con la técnica de colecta sin poner en riesgo la parición. La fibra se clasifica



**Figura 2.** Criancero con sus cabras.

por color y se acopia, manteniendo la identidad de origen. Los próximos pasos en el aprovechamiento de la fibra Cashmere se conducirán a aumentar el volumen de colecta y definir metodologías apropiadas para ello. Por otra parte se promoverá la interacción y los acuerdos en la cadena de valor y se diseñarán productos textiles artesanales e industriales de modo de contemplar las posibilidades de desarrollo de esta fibra.

## Producción de fibra mohair

En la Argentina, esta producción se localiza en las provincias patagónicas de Neuquén, Río Negro y Chubut. Muy pequeña cantidad de estos animales se encuentran en las provincias de San Luis y Jujuy (Fig. 1). Los hatos cuentan con un número promedio de cabezas de 150 animales y es el pequeño productor, denominado criancero ó minifundista, el encargado de realizar todas las tareas con mano de obra familiar. El modo de producción es pastoril, combinando el sistema sedentario con la trashumancia (Ladio y Lozada, 2005). La principal fuente de ingresos de este sistema productivo es la venta de fibra para la industria textil, aunque la venta de carne de cabritos llega a representar el 40% de los ingresos (Villagra, 2005). Estos ingresos les permiten vivir en un nivel de subsistencia, con informalidad económica y tributaria y un escaso nivel de organización. Por otra parte el sistema muestra restricciones estructurales importantes como, tenencia precaria de la tierra, aislamiento geográfico y deficiencias en los sistemas de comunicación, salud y educación. En este contexto la producción de fibra es un elemento fundamental para el desarrollo de la familia rural.

La cantidad y calidad de fibra Mohair que se obtienen en Argentina están muy lejos de lo que potencialmente ofrece la raza Angora. Los animales en promedio están produciendo 1,2 kg de Mohair, con un porcentaje de fibra medulada del 7–10%. Debido a esta última característica el Mohair obtenido en el país se lo identifica como pelo cruza (Arrigo, 2004). La finura ronda los 24 micrones en su primer año de producción (Cardellino y Mueller,

2008). Por otra parte el largo de mecha, de entre 20 y 23 cm es adecuado a la demanda de la industria textil.

La calidad del producto se ve afectada a lo largo del proceso de obtención, acondicionamiento y acopio de la fibra. La esquila se hace generalmente sobre piso de tierra y el acondicionamiento y clasificación son inadecuados, permaneciendo en el vellón sus partes de inferior calidad. El enfardado se sigue haciendo con bolsones de material contaminantes, y suelen mezclarse vellones de diferentes edades. Es decir, no se dan las condiciones mínimas para obtener lotes uniformes. Estas deficiencias productivas están muy relacionadas a la escasa asistencia técnica que reciben los productores, la poca oferta de tecnologías apropiadas y apropiables y la escasa capacidad económica de los minifundistas para invertir en la producción.

Por otra parte la estructura comercial no favorece al criancero y está caracterizada por una oferta débil y atomizada y una demanda muy concentrada, que no ofrece un incentivo económico a los productores para realizar una mejora en sus modelos de producción. Además, esta venta de materia prima sin procesar (“pelo sucio”), excluye al productor de beneficios posteriores por la transformación artesanal ó industrial.

*El cambio productivo con base en un cambio socio/organizativo.* En la búsqueda de un cambio en el sistema productivo de Angora en la Argentina, en un ámbito de consenso entre productores e Instituciones públicas y considerando las características productivas y sociales de la producción caprina de Angora en Argentina, se desarrollaron las propuestas del “Programa Mohair” (SAGPyA, 2000) en las siguientes líneas: productores organizados, mejoras en la calidad y cantidad de Mohair producido, esquila no contaminante, desarrollo de sistemas de acondicionamiento y clasificación de la fibra, acopio para lograr la oferta de mayor volumen para su venta en conjunto, análisis de la fibra ofrecida, búsqueda de mercados y agregado de valor.

El “Programa Mohair” se basa en el fortalecimiento de las organizaciones de productores y su funcionamiento en redes provinciales e interprovinciales, ámbitos participativos donde instituciones y productores fijan las estrategias y actividades para alcanzar los objetivos, discusión y definición de técnicas productivas y comerciales. En el año 1998 se comenzó con nueve productores de una organización. En el año 2008 participaban en este Programa 13 organizaciones de productores con 835 asociados y ocho instituciones públicas.

Todas las propuestas técnicas parten del principio de ser apropiadas y apropiables, para que puedan ser incorporadas al saber del productor. Por eso luego de la capacitación a cargo de profesionales, se designan referentes técnicos entre los productores, que llevan adelante la capacitación y el asesoramiento a sus pares.

Para mejorar la calidad y cantidad de Mohair producido se diseñó un programa de mejoramiento con un núcleo



Figura 3. Pequeños productores de Angora con sus animales mejorados.

disperso integrado por nueve establecimientos y 71 campos multiplicadores, contándose en los primeros años de funcionamiento con 522 hembras en el núcleo y 1790 hembras en el nivel de multiplicadores (Abad *et al.*, 2002). La base poblacional del programa fue una población localmente adaptada. Asimismo se recurrió a introducción de germoplasma (semen y animales) de alto mérito genético para características de fibra desde Australia y Nueva Zelanda. Se promovió el uso de machos superiores mediante el uso de inseminación artificial y servicio dirigido por monta natural con rotación de machos. Mientras que en 1998 había 310 animales bajo mejora genética directa y en 2008 se trabajó con 3000 animales (Arrigo, com. per). La respuesta a la mejora se ha verificado en hatos controlados, por sus indicadores productivos. Estos presentan actualmente pesos de vellón individuales de 2,5 a 4 kg., con finuras inferiores a 29 micras durante las tres primeras esquilas del animal y menos de 1% de fibras meduladas (Arrigo com. per.). La aparición de lotes kid superiores, de 22,5 micrones y 0% de kemp, demuestran el avance debido a la mejora. Considerando que las condiciones medioambientales exigen animales adaptados a ellas, la introducción de germoplasma hace necesaria la incorporación de criterios de rusticidad al Programa de Mejoramiento, así como la evaluación previa del germoplasma introducido (Fig. 3).

En cuanto a la esquila, se incorporaron inversiones que disminuyen notablemente la contaminación de la fibra. Por otra parte el incremento de la producción ha permitido pasar gradualmente de la esquila anual tradicional a realizar dos esquilas anualmente favoreciendo el circuito económico familiar con ingresos dos veces al año por la venta de Mohair. Los productores realizan un acondicionamiento primario y una preclasificación de su Mohair, diferenciándolo por calidad y categoría antes de su envío a los centros de acopio, donde se realiza una clasificación que atiende el mercado local e internacional, con al menos 16 y 20 categorías respectivamente (Arrigo, com. per.). El análisis objetivo de estos lotes dan base a la

negociación con los compradores y permiten monitorear la marcha del Programa.

Para atender las necesidades del productor y su familia y favorecer el acopio de la fibra se adelanta una parte del monto de dinero por cada kilo entregado. Este adelanto (prefinanciamiento) y la venta conjunta son dos elementos principales de la estrategia de mercadeo del Programa Mohair. En 2007 se lograron lotes de más de 80.000 kg lo cual da una gran fuerza de negociación que contrastan con los escasos 180 kg promedio que ofrecen en forma individual los productores. En el año 2008 el productor individual vendió a \$ 7,00 el kilo de Mohair mientras que en el Programa se obtuvieron \$ 13,48 (Arrigo, com. per.). Los productores organizados han podido acceder a mercados internacionales y ya han concretado ventas a Sudáfrica en el año 2008 y 2009.

En lo que hace a la transformación y procesamiento de la fibra con agregado de valor se han hecho pruebas de lavado y peinado, así como hilados y prendas con grupos de artesanas locales y regionales. Se exploran asimismo la factibilidad de realizar el procesado de esta fibra en la región y el desarrollo de estrategias de mercadeo asociado.

## Conclusiones

La producción de fibras en los sistemas de producción caprina tradicional del norte de la Patagonia Argentina es fundamental en la economía y cultura de los pequeños productores, crianceros, de la región. La organización de los productores ha tenido un fuerte impacto en los procesos de mejora de la producción, agregado de valor y comercialización y en consecuencia en las posibilidades de mejorar su calidad de vida.

## Referencias

- Abad, M., Arrigo, J., Gibbons, A., Lanari, M.R., Morris, G. & Taddeo, H. 2002. Breeding scheme for Angora goat production in North Patagonia. Proceedings 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19-23, Montpellier, France, 12-14.
- Arrigo, J. 2004. Emprendimiento Asociativo de Minifundistas Patagónicos para Mejoras Productivas y Comerciales, Memorias Tercera Edición Premio Down AgroSciences al Desarrollo de los Recursos Humanos, Julio 2004.
- Bedotti, D. 2001. Caracterización de los sistemas de producción caprina en el oeste pampeano. Argentina. Tesis Doctoral. Univ. de Córdoba. España. 317 p.
- Bishop, S.C. & Russel, A.J.F. 1998. Cashmere goat breeding in Scotland. European Fine Fibre Network, Workshop Report N° 2, Oct, 1998, Castres, France, Ed. Souchet, C. EFFN: 4-9.
- Cardellino, R.C. & Mueller, J.P. 2008. Fiber production and sheep breeding in South America. INTA EEA Bariloche. Comunicación Técnica Nro. PA 552, pp. 7.
- Debenedetti, S., Lombardo, D., Giovaninni, N., Poli, MA. & Taddeo, H.R. 2007. Caracterización folicular de la piel y su relación con características de fibra en caprinos Angora, Criollo Neuquino y su cruce. Resultados preliminares. Actas V Congreso ALEPRyCS. Malargüe, Mendoza, Argentina, mayo 2007.
- Hick, M.V.H., Frank, E.N., Gauna, C.D., Aisen, E., Bogado, D. & Castillo, F. 2007. Caracterización preliminar de la producción de fibra de cabras Criollas del Norte de la provincia de Neuquen. V. Cong. Lat. de Especialistas en Pequeños Ruminantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina, mayo 2007.
- Ladio, A.H. & Lozada, M. 2004. Summer cattle transhumance and wild edible plant gathering in a Mapuche community of Northwestern Patagonia. *Human Ecology* 32 (2), 225-241.
- Lanari, M.R. 2004. Variación y diferenciación genética y fenotípica de la Cabra Criolla Neuquina en relación con su sistema rural campesino. Tesis Doctoral. Fac. Biología. Centro Regional Universitario Bariloche. Univ. Nacional del Comahue. p. 234.
- Lanari, M.R., Domingo, E., Pérez Centeno, M. & Gallo, L. 2005. Pastoral community selection and genetic structure of a local goat breed in Patagonia. *FAO, AGRI* 37: 31-42.
- Lanari, M.R., Pérez Centeno, M. & Domingo, E. 2006. La Cabra Criolla Neuquina y su sistema de producción. En: *FAO (2006) People and animals. Traditional Livestock keepers: guardians of domestic animal diversity. A documentation of 13 case studies on how communities manage their local animal genetic resources*. Eds: K. Tempelman & R.A. Cardellino. FAO Interdepartmental Working Group on Biol. Divers. for Food and Agric. Rome. p. 7-15.
- Lanari, M.R., Maurino, M.J., Zimmerman, M. & Von Thungen, J. 2008. Dinámica de crecimiento de fibra en la Cabra Criolla Neuquina. Memorias del IX Simposio Iberoamericano de Recursos Genéticos, Mar del Plata, dic, 2008: 417-420.
- Maurino, J., Monacci, L., Lanari, M.R., Pérez Centeno, M.J., Sacchero, D. & Vázquez, A. 2008. Caracterización de la fibra Cashmere del norte neuquino. IX Simposio Iberoamericano sobre conservación y utilización de recursos zoogenéticos. Mar del Plata, Arg. Dic.2008. Tomo II, p. 457-460.
- Pattie, W.A. & Restall, B.J. 1989. The inheritance of Cashmere in Australian goats. 2. Genetic parameters and breeding values. *Livest. Prod. Sci.* 21: 251-261.
- Pérez Centeno, M., Lanari, M.R., Romero, P., Monacci, L., Zimmerman, M., Barrionuevo, M., Vázquez, A., Champredonde, M., Rocca, J., López Raggi, F. & Domingo, E. 2007. Puesta en valor de un sistema tradicional y de sus recursos genéticos mediante una Indicación Geográfica: El proceso de la Carne Caprina del Norte Neuquino en la Patagonia Argentina. *FAO-AGRI* 41:17-24.
- SAGPyA. 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Res 351/00. Programa para el Mejoramiento de la Producción y Calidad del Mohair. Boletín Oficial n° 29.445, 1ª Sección, p. 6-8.
- Scaraffia, L.G. 1993. Perspectivas para la producción y mejoramiento de caprinos cashmere. Informe anual de Plan de trabajo. INTA EEA Bariloche, pp. 4.
- Scaraffia, L.G. 1994. El proceso de angorización en la provincia de Neuquén. VII Reunión Nacional Caprina., Bariloche, Argentina, pp. 98.
- Villagra, E.S. 2005. Does product diversification lead to sustainable development of smallholder production systems in Northern Patagonia, Argentina? Doctoral Dissertation. Georg-August Univ. Göttingen. 122 p.



# Conservation of the Alpines Steinschaf

C. Mendel<sup>1</sup>, A. Feldmann<sup>2</sup> and N. Ketterle<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Bavarian State Research Center for Agriculture, Institute of Animal Breeding, Prof.-Dürrwächter-Platz 1, 85586 Poing-Grub, Germany;* <sup>2</sup>*Society for the Conservation of Old and Endangered Livestock Breeds in Germany (GEH), Postbox 1218, 37202 Witzenhausen, Germany;* <sup>3</sup>*Nathalie Ketterle, Ark-Farm Ketterle, Bossler Strasse 1, D-73119 Zell u.A., Germany*

## Summary

The Alpines Steinschaf is an old and traditional sheep breed living in the Alps for several hundred years. In 1985 only a few small flocks of this breed could be identified in special alpine regions in Germany. A breeding programme was established by some interested breeders and official breeding organisations. To maintain rare breeds for the future, it is necessary to develop special programmes for their use and marketing. In 2004 the breeders in Germany and Austria created a programme to market high quality products made of Alpines Steinschaf wool. The project ran very successfully, and the population of the Alpines Steinschaf has been increasing annually since then.

**Keywords:** *Alpines Steinschaf, conservation, cross-border wool project*

## Résumé

La race Alpines Steinschaf est une race de moutons ancienne et traditionnelle qui vit dans les Alpes depuis des centaines d'années. En 1985, on ne pouvait identifier que quelques petits troupeaux de cette race dans des régions alpines spécifiques de l'Allemagne. Certains sélectionneurs intéressés et les organisations officielles de sélection ont établi un programme de sélection. Afin de maintenir les races rares pour l'avenir, il est nécessaire de développer des programmes spéciaux concentrés sur leur utilisation et sur leur commercialisation. En 2004, les sélectionneurs de l'Allemagne et de l'Autriche ont créé un programme visant à commercialiser les produits de haute qualité de la laine de cette race de moutons. Le projet a beaucoup de succès et, depuis cette année, la population d'Alpines Steinschaf augmente tous les ans.

**Mots-clés:** *Alpine Steinschaf, conservation, projet transfrontalier de production lainière*

## Resumen

La Alpina Steinschaf es una antigua y tradicional raza ovina que ha vivido en los Alpes a lo largo de cientos de años. En el año 1985 solo pudieron ser identificados algunos rebaños poco numerosos de esta raza en zonas alpinas especiales de Alemania. Algunos criadores interesados, junto con las organizaciones oficiales de cría, establecieron un programa de mejora. Para mantener razas raras de cara al futuro, es necesario desarrollar programas especiales para la utilización y la comercialización de las mismas. En el año 2004 criadores de Alemania y Austria crearon un programa para comercializar productos de alta calidad fabricados a base de lana de esta raza de ovejas. El proyecto está teniendo mucho éxito y, desde aquel momento, la población de Alpina Steinschaf ha ido aumentando cada año.

**Palabras clave:** *Alpines Steinschaf, conservación, proyecto transfronterizo de lana*

---

Submitted 30 July 2009; accepted 10 September 2009

## Current situation

The Alpines Steinschaf breed is a direct descendant of the so-called Torfschaf, and thus it belongs to one of the original breeds of the European Alps. In 1863 about 208 000 animals existed (Mason, 1967). In some regions, the Alpines Steinschaf was the most popular breed. Animals could be found in the area of Bavaria in the Berchtesgaden, Traunstein and Rosenheim regions (Kaspar, 1928). In Austria, this breed was kept mainly in the areas of Salzburg and Tirol (Führer, 1911). By 1964 the population was reduced to only 1000 animals

(Mason, 1967). In 1985 some interested breeders from Germany and Austria started to collect the last individuals of the breed in the Berchtesgaden area (Mendel and Burkl, 2009). With the help of the Sheepbreeders Associations in Bavaria and Tyrol, a new work group was established for the conservation of this specific breed. Between 1990 and 2004 the population increased from 50 to 295 breeding animals (Feldmann *et al.*, 2005). In a study on the genetic distances of alpine sheep breeds of the eastern Alps, the Alpines Steinschaf was shown to be genetically separated from the other types of Steinschaf like Montafoner-, Krainer- and Tyrol Steinschaf (Baumung and Sölkner, 2003).

The Society for the Conservation of Old and Endangered Livestock Breeds (GEH) in Germany is a non-governmental organisation with over 2200 members.

Correspondence to: A. Feldmann, Society for the Conservation of Old and Endangered Livestock Breeds in Germany (GEH), Postbox 1218, 37202 Witzenhausen, Germany. email: feldmannantje@web.de

Every year since 1984, GEH has named an ‘Endangered Livestock Breed of the Year’ which is acutely threatened by extinction and is on the red list in Germany (GEH, 2009). The Alpines Steinschaf has been given the title in 2009 because it is one of the most endangered breeds in Germany with a total stock of 350 animals on 30 farms.

The situation in Austria is similar. The Society Arche Austria also named the Alpines Steinschaf as the ‘Breed of the Year 2009’ (Arche Austria, 2009). Since the beginning of the conservation programme in 1986, the population has increased to 390 sheep which are now registered in flock books.

The aim of the breeders and the breeding associations is to establish a breeding programme which helps to increase the number of animals, to prevent inbreeding and to give the breeders an economic background. The wool of the Alpines Steinschaf is a product which is specific for this breed and therefore can be used to develop special marketing. The price for the wool of land races like Alpines Steinschaf has been very low in recent years at no more than 0.10 €/kg while the cost for the shearing for one sheep is around 3.00 €. This means that the breeder has to pay much more for the shearing than he gets for the wool. The aim of the wool project is to give the breeders a fixed price of 1.00 €/kg for wool of high quality.

## Breed description

The Alpines Steinschaf is a robust small- to medium-sized sheep with a broad and compact framed body. The head profile is straight with a slightly roman nose, and the ears are lop and bent slightly forward.

The rams usually have spirally curved horns (Figure 1), and the ewes sometimes have small and lightly curved horns. The legs are fine but strong with hard hooves. Their long woolen tails reach down as far as the ankle joint and the ends are often bent. The face, belly and feet are usually wool free. Ewes mature early and are



**Figure 1.** A ram of the Alpines Steinschaf breed.



**Figure 2.** A group of Alpines Steinschaf mothers with their lambs in different colours. Photo: Milerski (GEH).

year-round breeders (Figure 2). Mason (1967) described the breed as being very fertile with a twinning rate of around 20–70% (Table 1).

The special characteristics of the Alpines Steinschaf are the following:

- adaptability to the harsh mountain pastures in heights which are inaccessible to cattle;
- very fertile ewes with ability to breed out of season;
- excellent potential for milk production and dedicated mothers as well as longevity;
- hardy, rugged, resistant and easily satisfied;
- exceptionally tame and
- multifunctional usability, colored and dual coated fleece.

## The Alpines Steinschaf Wool Project

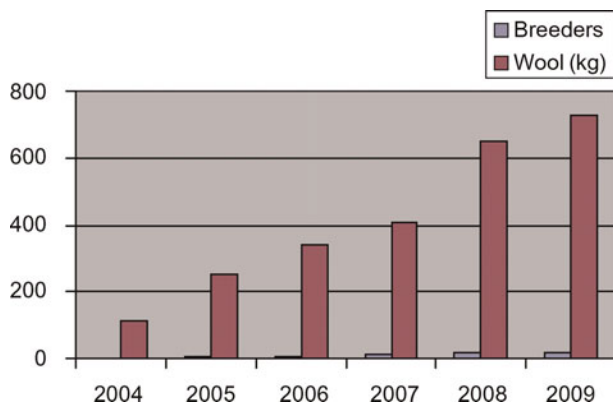
The long-term security of flocks depends on the economic value of a breed. It is not only the yield of meat or of wool which gives profit to the breeders. Products with special quality often have better prices.

The beautiful and unique wool of the Steinschaf is a distinguishing feature of this ancient and rare breed. It has dual coated fleece with pithy, long coarse hair and fine wavy and short bottom hair which comes in every wool colour from white to black to browns, as well as brindled. Ewes produce about 3.0–3.5 kg and rams 4 kg (Feldmann *et al.*, 2005).

**Table 1.** Performance of Alpines Steinschaf.

	Body weight (kg)	Fleece weight (kg)	Lambing (%)	Withers height (cm)
Rams	60–75	3.5		73–80
1-Year-old rams	40–60	3.0		
Females	45–60	3.0	170–200	65–70
1-Year-old females	35–45	2.0		

*Note:* Data are based on Feldmann *et al.* (2005).



**Figure 3.** The development of breeders and wool (kg) from the start of the project in 2004 up to 2009 (Alpine Sheep Wool Project, 2009).

The breeders themselves wanted to be active. In 2004 the German and Austrian breeders joined together and organised a workgroup that made high quality products out of the wool.

The most difficult thing was to find small regional enterprises which could wash and clean the wool. The next step was to find a factory which would produce the products. However, the number of socks and troyer-style sweaters were still small. Two enterprises were found in Austria to produce the quality the breeders were looking for.

The first experiences in 2005 of selling the products in direct marketing like small regional markets or small markets on the farms of the breeders were successful. The presentation of different products such as socks, troyer-style sweaters and knitting wool convinced a lot of customers.

As a result of this experience, the breeders discussed the next steps at their annual meeting and the commercialisation of the products commenced.

More and more breeders were convinced and started to collect the wool of their sheep. Wool is gathered and sorted at

the annual meeting in May each year, so nearly 2 tons of wool from the Alpines Steinschaf has been collected since 2004. From 2004 to 2009 the number of breeders increased from 2 to 18. The amount of wool collected also grew from 111 kg in 2004 to 730 kg in 2009 (Figure 3). Altogether about 2 tons of Alpines Steinschaf wool could be used for the production of products with high quality aspects. The accession of the breeders consequently affects the rise of wool.

Breeders receive a wool voucher of 1.00 € for each kilogram of prepared wool. The aim is to raise the prices further in order to make it more profitable for the breeders. The wool quality becomes a very important breeding aspect, especially the natural colouring. In addition to the length and density, the stability, refinement and crimps of the wool are aims for breeding. The economic value of the wool guards the continuity of the breed. Collecting raw wool at the annual meetings means that transport costs can be kept very low. Via the wool project, the wool is being washed and refined (combed, spun, knitted, woven, sewn etc.). One hundred kilograms of raw wool yields approximately 60–70 kg of washed pure wool. Depending on the wool type, 30–40% of the weight is wool grease and dirt (ERSA, 2007).

This processing is carried out exclusively in Germany and Austria and only at small firms or factories. Transparency in the production and unrefined products are of great importance. The Alpines Steinschaf current production range is made up of combed wool, knitting wool, woolen socks, gloves and mittens, jumpers and troyer-style sweaters, as well as felt products such as bags, felt insoles, felt slippers and cushions. The breeders sell the finished products to their own customers (Figure 4). The range of high quality products increases yearly with the customers demand for contemporary wool clothing.

Finding the appropriate companies that are prepared to take in small amounts of wool and able to produce high



**Figure 4.** Selling products at the International Green Week in Berlin.



Figure 5. The logo of wool products from the Alpines Steinschaf.

quality products is not easy. In the textile and agricultural sectors as well as other related branches there has been a strong concentration on specialised firms which produce their products in other countries.

However, the regional production of high quality products and not cheap mass production is crucial for the Alpines Steinschaf breeder. The products from this breed enrich the produce range of farm shops and market stalls as well as fairs and exhibitions, making the selling of these products interesting for dealers. Fortunately, more and more consumers are aware of high quality natural products and are prepared to pay the price.

This is especially important because increased awareness, popularity and better marketing of the Alpines Steinschaf sheep and their products is the only way in which this nearly extinct breed can be saved and thus an object of cultural value maintained.

A very attractive web platform at <http://www.alpinessteinschaf.de> shows the activities and products of the Alpines Steinschaf. The breeders came together and decided to create a labeled product (Figure 5).

## Conclusion

The Alpines Steinschaf is one of the most endangered sheep breeds of Germany and Austria. Various activities

to maintain this alpine breed were started in 1985. In 2004 some breeders began to collect the typical wool of the breed to produce high quality products of the wool and to guarantee fixed prices for the breeders. They began to attend regional markets and sell the products for good prices. The activities can be described as the following:

- buying of pre-sorted wool at a fair price,
- organic processing and production of high quality wool products,
- regional production which supports local trade,
- processing under socially acceptable working conditions,
- supporting agriculture and landscape conservation through sheep holdings,
- promotion of an old and endangered sheep breed and
- conservation of genetic diversity and an object of cultural value.

## References

- Arche Austria** (2009) Rote Liste der gefährdeten Haustierrassen in Österreich (<http://www.arche-austria.at>).
- Baumung, R., and Sölkner, J.** (2003) Genetische Differenzierung von Schafzassen im Ostalpenraum, Abschlussbericht, Institut für Nutztierwissenschaften Universität für Bodenkultur Wien, S. 39.
- ERSA** (2007) Alpinet Sheep Alpine Network for sheep and goat promotion for a sustainable territory development. Agenzia Regionale per lo Sviluppo Rurale Friuli Venezia Giulia (ERSA), pp. 100–110.
- Feldmann, A., Bietzker, U., and Mendel, C.** (2005) Schafzassen in den Alpen, Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen e.V. (GEH), Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), pp. 8–9.
- Führer, L.** (1911) Studien zur Monographie der Steinschafe. Mitt. der landwirtschaftlichen Lehrkanzeln der Hochschule für Bodenkultur, Bd. 1, H. 1, Wien.
- GEH** (2009) Rote Liste der gefährdeten Nutztierzassen in Deutschland (<http://www.g-e-h.de>).
- Kaspar, K.** (1928) Studien über das Steinschaf im Chiemgau. Dissertation, TH-München.
- Mason, I.L.** (1967) The Sheep Breeds of the Mediterranean. Commonwealth Agriculture Bureau, Edinburgh. p. 309.
- Mendel, C., and Burkl, G.** (2009) Gefährdete Nutztierzassen Schwerpunkt Schafe, Ziegen, Gebrauchshunde, Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen e.V. (GEH), pp. 5–6.



# Papel de las pastoras Tzotziles en la conservación de la diversidad del ganado lanar de Chiapas

Raúl Perezgrovas-Garza

*Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas Chiapas, México*

## Resumen

Este trabajo describe el importante papel que han tenido las pastoras de la etnia Tzotzil que habitan en las montañas de Chiapas, al sur de México, no sólo en el rescate histórico de varias razas españolas de ovejas, sino en la conservación de la biodiversidad de esta especie. Por el legado de su milenaria cultura Maya y la histórica mezcla con la religión católica, las pastoras Tzotziles son responsables de cuidar a sus ovejas sagradas, que reciben nombres propios y cuidados especiales. Las mujeres también se encargan de elaborar las ropas que identifican a su grupo étnico. Estas ropas típicas se elaboran con lana que es obtenida de las ovejas locales de la raza Chiapas, para luego ser procesada por medio de técnicas textiles artesanales como son el hilado manual y el tejido en telar de cintura de diseño prehispánico. La ropa de uso cotidiano y ceremonial de los hombres y las mujeres Tzotziles incluye abrigos de lana negra, cotones o ponchos de lana blanca, pesadas faldas negras, blusas de color café y chales negros, todos ellos hechos de lana, lo cual ha representado la necesidad de conservar la diversidad animales de distintos fenotipos dentro de los rebaños mantenidos bajo un sistema tradicional de manejo.

**Palabras clave:** *vellón de doble capa, longitud de mecha, proceso textil, ropa de lana*

## Summary

This article describes the important role of shepherdesses of the Tzotzil ethnic group from the mountains of Chiapas State, in southern México, not only in the historical rescue of several Spanish sheep breeds but also in the conservation of this species. Due to the legacy of their millenarian Mayan culture and the historical blending with elements of the Catholic religion during Colonial times, the Tzotzil women are responsible for caring for their sacred sheep that receive given names and special consideration. Women are also in charge of making all the woolen clothes that identify the members of their ethnic group. The typical garments are handmade with the fleeces obtained from the local sheep, processed by means of traditional textile techniques such as the spinning of threads with a spindle and the weaving using the back-strap loom of pre-Hispanic design. Clothes for daily and ceremonial use, both for Tzotzil men and women include heavy black coats and skirts, white woolen ponchos, brown blouses, black shawls, all of them made out of wool, and this has represented the need to preserve the diversity of sheep with different phenotypes and kept under a traditional management system.

**Keywords:** *double-coated fleece, staple length, textile process, woolen garments*

## Résumé

Le présent article décrit le rôle important joué par les bergères Tzotzil, un groupe ethnique résidant dans les montagnes du Chiapas, au sud du Mexique, non seulement dans la préservation historique de nombreuses races de moutons espagnols, mais également dans la conservation de cette espèce. En raison de l'héritage de leur culture millénaire Maya et du mélange historique avec des éléments de la religion catholique acquis lors de la colonisation, les femmes Tzotzil sont responsables de la gestion de leurs moutons sacrés auxquels elles donnent des noms propres et consacrent une considération particulière. Les femmes sont également responsables de préparer tous les vêtements en laine qui identifient les membres de leur groupe ethnique. Ces vêtements typiques sont faits à la main avec les toisons obtenues des moutons locaux de la race Chiapas, traitées avec des techniques textiles traditionnelles, comme le filage manuel au fuseau et le tissage artisanal au métier de conception préhispanique. Les vêtements des hommes et des femmes Tzotzil d'usage quotidien ou pour les cérémonies comprennent des manteaux de laine noire, des ponchos en laine blanche, des jupes épaisses noires, des blouses café et des châles noirs. Tous ces vêtements sont faits avec la laine, ce qui a représenté le besoin de conserver la diversité des moutons avec des phénotypes différents dans les troupeaux élevés dans un système de gestion traditionnel.

**Mots-clés:** *toison à double couche, longueur de la fibre, processus textile, vêtements de laine*

---

Presentado: 31 Julio 2009; aceptado: 13 Octubre 2009

## Los Tzotziles

El grupo étnico Tzotzil es el más grande de los nueve que existen en Chiapas, el estado más sureño de México, y

tiene una población aproximada de 300,000 hablantes de este idioma (SIC, 2009). Esta etnia se caracteriza por dos elementos muy particulares: el idioma proveniente de la familia Maya y la cría tradicional de ganado lanar, principalmente en el municipio de San Juan Chamula. Los pobladores de Chamula constituyen el grupo indígena mayoritario de Chiapas; el último censo oficial realizado

Correspondence to: R. Perezgrovas-Garza, Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas Chiapas, México. email: rgrovas@unach.mx

dio a conocer que el número de indígenas en esta localidad asciende a 75,000 personas (INEGI, 2000).

Uno de los aspectos que más llama la atención de los Chamulas es su religiosidad, y celebran un culto que mezcla elementos de catolicismo y de creencias mayas, en una iglesia que tiene sus orígenes en la época Colonial. Al interior de esta iglesia, San Juan Bautista -el santo patrono- es venerado como la máxima divinidad, y sus mayordomos bendicen sal de montaña que será utilizada para suplementar al rebaño y listones de colores que servirán para proteger de enfermedades de origen sobrenatural a los corderos recién nacidos.

La unidad doméstica típica en Chamula está formada por un jefe de familia dedicado a la agricultura y al trabajo asalariado, y por una jefa de familia encargada de las labores del hogar, del tejido artesanal, y del cuidado de los animales domésticos. Entre los animales que se mantienen en la unidad familiar se encuentran ovinos, aves y cerdos, en su mayoría de razas locales y mantenidos bajo sistemas de cría tradicional.

Entre los Tzotziles de Chamula se encuentra una de las formas más ancestrales de criar al ganado lanar, única en México por la gran cantidad de componentes que representan la fusión de antiguas prácticas pastoriles de la España de los siglos XVI y XVII con las creencias propias de la cultura indígena Maya.

## Ropa tradicional entre los Tzotziles

Las prendas con que se visten los Tzotziles de Chamula constituyen elementos distintivos de su grupo poblacional, pues tanto hombres como mujeres portan pesadas ropas elaboradas por las jefas de familia con la lana de sus ovejas sagradas. Siguiendo una tradición milenaria, los vellones de las ovejas son procesados manualmente hasta convertirlos en lienzos, con los cuales se va dando forma a la ropa típica.

El proceso textil -aun siendo manual- no deja de ser complejo, y comprende de manera resumida los siguientes pasos: la trasquila semestral de los ovinos utilizando unas tijeras, lavado de los vellones con tubérculos de alto contenido de saponinas (*Cyclanthera langaei*) que hacen abundante espuma con el agua, el carmenado o separación manual de las fibras secas, el peinado de las fibras con una cardadora de mano (además de la lana, único elemento de origen español), el hilado con malacate, que es un palo de madera con un contrapeso de barro en la parte inferior, el cual se gira con los dedos de una mano. Se preparan dos tipos de hilo: uno que es delgado y fuertemente rizado (la urdimbre, que da resistencia al tejido), y otro que es grueso y apenas enrollado (la trama, que da una apariencia 'peluda' a las prendas terminadas). Estas prendas 'peludas' son muy apreciadas por los Chamulas y confieren un alto estatus social tanto a las pastoras que

crian ovejas que producen este tipo de vellón, como a las artesanas que saben transformar la fibra en ropa de primera calidad.

El tejido de los hilos se realiza utilizando la técnica prehispánica del telar de cintura que, si bien servía originalmente para elaborar prendas de algodón, en algún momento de la colonización se adaptó para transformar una nueva fibra textil, la lana de las ovejas. Cabe mencionar que en el momento del contacto de las dos culturas, en la primera mitad del siglo XVI, los Tzotziles carecían de palabras en su idioma para designar a los nuevos elementos como las ovejas y su fibra textil, por lo que al inicio se les conocían con vocablos sí reconocidos; así, en un principio las ovejas se denominaron como '*tunim chij*' los 'venados de algodón'. De la lana, los tzotziles reconocieron su resistencia (de ahí su nombre de '*tsots*' = fuerte) y sus propiedades térmicas superiores para el ambiente frío de las montañas de Chiapas.

Un paso importante en el proceso textil de los Tzotziles es la tinción de algunas prendas en color negro, para lo cual se emplean algunas plantas como mordente (*Eupatorium ligustrinum*) y el lodo de las ciénagas como colorante. Las prendas que se tiñen en color negro tienen que dejarse en ebullición durante 2 a 3 días. El color negro que se logra es intenso y brillante, y es muy apreciado, e igualmente confiere estatus a las mujeres que lo plasman en sus prendas y a las personas que lo portan en su indumentaria. Los vellones negros se prefieren para la ropa oscura, pues su proceso de tinción resulta mucho más rápido y económico.

El paso final del proceso textil de los Chamulas es la unión de lienzos para formar las prendas terminadas, algunas con mangas y flecos, y finalmente el bordado de elementos de color en la ropa.

Las prendas de ropa elaboradas por las mujeres Tzotziles de Chamula pueden servir para el uso cotidiano y también para las múltiples ceremonias que ocurren en la vida diaria. Se tienen que mencionar las pesadas prendas de color negro como el abrigo con mangas que usan los hombres, las faldas con forma de tubo que portan las mujeres, y los chales ricamente bordados. Todas estas prendas se elaboran con los vellones de la variedad Negra del borrego Chiapas. Los hombres también usan habitualmente los cotones sin mangas, que deben tejerse con lana de color muy blanco (sin fibras de color) y que se ciñen a la cintura con un cuero de venado. Los vellones con estas características de pureza alcanzan precios muy elevados, y provienen de la variedad Blanca del borrego Chiapas. Otra prenda de uso ceremonial son las blusas de color café, el cual se obtiene exclusivamente en la primera trasquila de las ovejas de la variedad Café del borrego Chiapas; estas blusas están profusamente adornadas con borlas y bordados e incluso pueden tener colgadas algunas medallas o monedas.

Además de las prendas típicas en sus colores negro, blanco y café, es necesario considerar que las tejedoras Tzotziles

igualmente elaboran faldas para las niñas y cobertores en una amplia variedad de tonos grises, para lo cual mezclan vellones de diferente color al momento de la carda o peinado.

### Aspectos económicos

La cría del borrego Chiapas en las comunidades Tzotziles no podría explicarse sólo en términos culturales, los cuales están inmersos en la ropa que tejen las mujeres con los vellones de sus ovejas sagradas. Mucho de la supervivencia de esta raza autóctona se puede explicar por sus efectos económicos. Los rebaños de los Tzotziles son pequeños, de apenas unos 8 ó 10 ovinos, pero los vellones que se obtienen cada seis meses pueden servir para elaborar casi toda la ropa de una familia típica. Esto se asocia a la gran durabilidad de las prendas, pues los abrigos y las faldas de color negro -cuya elaboración requiere de 2 a 3 vellones- pueden durar hasta 4 años de uso continuo, mientras que las blusas y los chales -que necesitan un solo vellón- tienen una duración similar. Así, las mujeres pueden ir confeccionando gradualmente las prendas que se vayan solicitando por los diferentes miembros de la unidad familiar.

La lana del borrego Chiapas es la más costosa de México. Los vellones de máxima calidad, es decir, los de color negro con mechas largas y sueltas, pueden alcanzar un precio de \$50 US dólares cada uno, cuando en cualquier parte del país el kilogramo de lana sucia se paga a \$1 US dólar. El rebaño típico -apenas 10 ovejas-, logra una producción promedio de 10 kilos al año, a razón de 500 gramos por animal en cada trasquila semestral; la producción se destina en su totalidad a elaborar la ropa que requiere la familia; la gran durabilidad de cada pieza de ropa permite que los vellones obtenidos del rebaño familiar sean suficientes para vestir a todos los miembros. Sin embargo, por su alto valor comercial, las mujeres pueden vender algunos vellones o alguna vestimenta de buena calidad cuando necesitan dinero para sufragar gastos urgentes. El rebaño genera además otros ingresos monetarios a partir de la venta de animales, e ingresos no monetarios derivados del aprovechamiento del estiércol en los cultivos agrícolas.

El alto valor monetario de la lana tiene una repercusión directa en el sistema de vida de la familia Tzotzil, ya que algunas prendas de alta calidad artesanal llegan a pagarse hasta en \$400 US dólares. De este modo, un pequeño rebaño de 10 ovejas tiene un gran impacto económico en la sustentabilidad del sistema de vida tradicional, así como también representa un capital social que sirve para vestir a la familia, para amortiguar riesgos y para enfrentar necesidades.

### Sistema de manejo tradicional

Los animales viven en corrales rústicos (6-8 m<sup>2</sup>), los cuales se desplazan cada 3 semanas dentro del área de

siembra, para aprovechar las excretas como abono. Durante la temporada de lluvias (junio-noviembre) la alimentación se basa en el pastoreo extensivo sobre praderas comunales en las que existe una gran variedad de especies forrajeras (Figura 1), las cuales desaparecerán con las primeras heladas invernales; en la época de estiaje (diciembre-mayo) los animales consumen esquilmos agrícolas (rastros) y también son conducidos a las áreas forestadas para que busquen su alimento. Cada semana se ofrece a los animales un puñado de sal de montaña, de manera directa o disuelta en agua.

La reproducción del borrego Chiapas es estacional y depende del régimen de lluvias; con los primeros aguaceros en el mes de junio las hembras consumen forraje succulento y comienzan a ciclar; los machos se encuentran siempre dentro del rebaño, por lo que la fertilidad es alta; las ovejas producen una sola cría cada año. El nacimiento de los corderos coincide con el final de la época de lluvias, lo cual pone a las hembras en una situación crítica porque el forraje disminuye y ellas están creciendo, produciendo lana, y amamantando un borreguito, lo que deriva en una pérdida que alcanza el 20% del peso corporal.

El tratamiento de las enfermedades se hace con plantas y con rituales de sanación, aunque cada vez es más común el uso de medicina veterinaria de patente. Los padecimientos más comunes son la diarrea (por nemátodos y coccidias), los trastornos respiratorios, el gusano de la nariz (por *Oestrus ovis*) y el edema submandibular (por *Fasciola hepatica*).

### El Borrego Chiapas

En las regiones montañosas de Chiapas se tiene un censo de alrededor de 80,000 cabezas de ganado lanar (INEGI, 2007), es decir, de borregos Chiapas. Estos animales son descendientes de varias razas autóctonas españolas introducidas en la época Colonial, entre las que se han



Figura 1. Mujer Tzotzil pastoreando su rebaño.

mencionado la Churra, la Manchega, la Castellana y la Latxa (Pérezgrovas, 2004). En un momento decisivo en la historia de Chiapas, en la segunda mitad del siglo XVI, los estancieros españoles no pudieron hacer productivos y mantener vivos a sus ovinos, en parte por la abrupta orografía –muy distinta a las llanuras Ibéricas– y también por la elevada pluviosidad que tuvo como consecuencia que un parásito como la *Fasciola hepatica* ocasionara una alta mortalidad en los rebaños.

Esto coincidió con el éxodo de los conquistadores españoles, quienes buscaban tierras más propicias para la agricultura y riquezas más inmediatas derivadas de la minería. De seguro dejaron atrás algunos animales, los cuales, siguiendo las tradiciones Mayas, quedaron en el ámbito de las responsabilidades propiamente femeninas. De este modo, las mujeres Tzotziles se encargaron de cuidar a estos nuevos animales, los ‘venados de algodón’, y diseñaron un sistema de manejo que facilitó no sólo su subsistencia sino la producción de lana y corderos. Las pastoras Tzotziles les asignaron nombres propios a las ovejas, consideraron un sacrilegio el sacrificio y el consumo de su carne, y los convirtieron en miembros de la familia (Figura 2). Las pastoras idearon mecanismos empíricos para prevenir la fasciolosis a través de bozales que se ponen a los borregos durante los traslados, y por el suministro de agua en recipientes, y también emplearon la herbolaria para curar animales enfermos. Las artesanas adecuaron sus instrumentos de hilado y tejido para procesar esta nueva fibra textil, y cumplieron su responsabilidad cultural de proporcionar vestido a todos los miembros de su familia.

En términos técnicos obtenidos del Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos (DAD-IS, 2009), el Borrego Chiapas es una raza doméstica de ganado lanar descendiente de razas autóctonas introducidas por los españoles, que está muy bien adaptada a las áreas montañosas, y cuyo uso principal es la producción de fibra de lana que tiene funciones sociales, culturales y económicas. En cuanto al sistema

tradicional de manejo, que se basa en el pastoreo extensivo, sólo las mujeres intervienen en su cría.

Es importante mencionar que el DAD-IS incluye dentro de las 25 razas ovinas de México únicamente a 5 razas autóctonas: Chiapas, Criollo, Lucero, Pelibuey y Tarahumara; por su descripción, la variedad Negra del Borrego Chiapas corresponde a la raza Lucero, pues el catálogo de la FAO establece que esta es una variedad del Criollo productora de lana que se localiza en las montañas del sur de México –es decir, Chiapas– y que se caracteriza por su vellón de color negro y por tener una mancha blanca en la cabeza.

La lana del Borrego Chiapas es su característica más importante, por lo que en la Tabla 1 se incluyen algunos datos técnicos sobre su vellón de doble capa que consta de una capa interna de fibras cortas-delgadas y una capa externa de fibras gruesas–largas (Pérezgrovas y Castro, 2000).

Debe destacarse en esta caracterización que las tres variedades fenotípicas del Borrego Chiapas son de tamaño pequeño pero tienen el potencial de producir más de un kilogramo de lana por año. Las mechas de lana son cónicas, largas y sueltas, formadas por los dos tipos de fibras que caracterizan a los vellones de doble capa. Esta doble capa permite a las tejedoras Tzotziles preparar el hilo delgado para la urdimbre (con vellones en que predomina la capa interna) y el hilo grueso para la trama (con aquellos en que predomina la capa externa), lo que en su conjunto proporciona a las prendas tejidas el acabado ‘peludo’ tan peculiar.

Cabe mencionar que la longitud de la mecha y la proporción de fibras gruesas son los principales criterios de calidad de lana que aplican las mujeres Tzotziles, los que determinan el costo del vellón y el precio de las prendas tejidas. Las mujeres seleccionan a sus ovejas de manera empírica para que produzcan una lana con gran cantidad de fibras largas–gruesas, con la que se elabora el hilo para la trama del telar de cintura, que es el que confiere la apariencia ‘peluda’ a las prendas e impacta directamente en el precio y la calidad.



Figura 2. Niña Tzotzil abrazando a su cordero negro.

## Conclusiones

Es probable que el diseño actual de la ropa típica de los Tzotziles de Chamula tenga una influencia de los frailes de la época colonial, pero es claro que los pesados hábitos de lana de los religiosos se ven reflejados en las prendas que hoy día portan los indígenas como parte de su identidad étnica. Sin embargo, ha sido el trabajo textil de las mujeres Tzotziles y su actividad cotidiana como pastoras y como diseñadoras de un sistema de manejo, tan particular como efectivo, lo que ha logrado la preservación de la diversidad biológica del ganado lanar de Chiapas.

**Tabla 1.** Características del vellón, la fibra y la mecha de lana en las tres variedades fenotípicas del Borrego Chiapas.

Característica	Blanca	Café	Negra
Peso del vellón, g/semestre	639 ± 258	528 ± 205	538 ± 222
Rendimiento al lavado, %	76 ± 7.6	80 ± 5.5	84 ± 5.6
Ondulaciones por pulgada	4.8	4.6	3.5
Crecimiento de lana, g/cm/día	0.46 ± 0.06	0.41 ± 0.05	0.37 ± 0.05
Longitud de fibras gruesas, cm	12.5 ± 0.4	11.7 ± 0.4	10.0 ± 0.4
Diámetro de fibras gruesas, µm	44.3 ± 22.3	48.1 ± 24.6	45.2 ± 14.3
Longitud de fibras delgadas, cm	6.2 ± 0.2	5.8 ± 0.2	5.0 ± 0.2
Diámetro de fibras delgadas, µm	17.8 ± 4.3	18.2 ± 4.7	19.7 ± 4.9
Proporción de fibras gruesas, %	27.9	28.4	28.4
Peso corporal, kg	27.8	25.3	28.0

Fuente: Perezgrovas y Castro (2000).

Son las prendas oscuras las que permitieron la conservación de las ovejas negras, es el uso de ponchos o cotonos blancos el que hizo posible preservar los borregos de vellón blanco, y son las blusas ceremoniales de color canela las que lograron mantener ovejas cafés en los rebaños indígenas. Traducido lo anterior en términos de conservación de recursos zoogenéticos, son las pastoras y las artesanas Tzotziles las que rescataron, conservaron y seleccionaron las diferentes variedades de color del borrego Chiapas que podemos ver hoy día. Aplicando la magia de su cultura y el arte de su oficio, en pleno siglo XXI las mujeres Tzotziles transforman la fibra de sus ovejas en la ropa que identifica a los miembros de su grupo indígena.

## Referencias

**DAD-IS.** 2009. Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos. Razas reportadas por México. FAO.

Consultado en línea el 18 de julio de 2009 ([www.dad.fao.org/es/home.htm](http://www.dad.fao.org/es/home.htm))

**INEGI.** 2000. Censo General de Población y Vivienda 2000. Aguascalientes, Ags., México. Consultado en línea el 14 de julio de 2009. ([www.inegi.org.mx/est/librerias/tabulados.asp?tabulado](http://www.inegi.org.mx/est/librerias/tabulados.asp?tabulado))

**INEGI.** 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo Agropecuario 2007. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags., México. Consultado en línea el 14 de julio de 2009. ([www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=14776](http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=14776))

**Perezgrovas, Raúl.** 2004. Los Carneros de San Juan. Ovinocultura Indígena en Los Altos de Chiapas. 3ª edición. Serie Monografías No. 5. Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

**Perezgrovas, Raúl e Hilda Castro.** 2000. El borrego Chiapas y el sistema tradicional de manejo de ovinos entre las pastoras Tzotziles. *Archivos de Zootecnia*, vol. 49 (187): 391–403.

**SIC.** 2009. Sistema de Información Cultural. Centro Nacional para la Cultura y las Artes. México, D. F. Consultado en línea el 16 de julio de 2009. ([www.sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=inali\\_li&table\\_id=51](http://www.sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=inali_li&table_id=51))



# Estudio demográfico de los atributos morfológicos y productivos en poblaciones de llamas (*Lama glama*) de la provincia de Jujuy, Argentina

M.V.H. Hick<sup>1</sup>, H.E. Lamas<sup>1,2</sup>, J. Echenique<sup>3</sup>, A. Prieto<sup>1</sup>, M.F. Castillo<sup>1</sup> y E.N. Frank<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Red SUPPRAD, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba, Argentina; <sup>2</sup>EEA INTA Abra Pampa, Provincia de Jujuy, Argentina; <sup>3</sup>Subsecretaría de Desarrollo Rural y Agricultura familiar, San Salvador de Jujuy, Argentina

## Resumen

La población de llamas (*Lama glama*) del altiplano argentino y sur boliviano reúne características especiales en relación al resto de la especie. Si bien se ha establecido el interés de esta población como recurso genético no se han realizado muchos trabajos que describan sus características productivas. En este trabajo se establecieron relaciones entre edad, sexo, morfología de los animales, color de capa (patrones pigmentarios y diseño de manchas) y calidad de la fibra (grados de finuras y diámetros medios, tipos de vellón o estilos y color de mecha) de las tropas de seis áreas del norte del altiplano de la provincia de Jujuy (143 tropas, 10.760 animales). Utilizando un diseño experimental de conglomerados se calcularon frecuencias de los distintos caracteres y coeficientes de correlación entre los mismos. Se llegaron a establecer relaciones marcadas entre los tipos de vellón y entre la morfología de los animales y tipos de vellón; tipos de vellón y finura, tipos de vellón y patrones de pigmentación, relación entre diseño de la mancha blanca y finura. Se puede concluir que las tropas estudiadas componen una población de camélidos domésticos con alto potencial de producción de fibra y grandes posibilidades de transformación por medio de los programas de mejoramiento genético.

**Palabras claves:** camélidos, fibra, fenotipos de color, tipo de vellón, color de vellón, finura

## Summary

The population of llamas (*Lama glama*) from Argentina and southern Bolivia high altitude plateau (altiplano) meets special characteristics in relation to the rest of this species. While interest in this population has been established as a genetic resource many works have not been done describing their productive attributes. In this paper, the relationships between age, sex, animal morphology, coat colours (pigmentation patterns and white spot design), fibre quality (degree of fineness and mean fibre diameters, fleece types or styles and colours) of flocks in six areas of the northern of the province of Jujuy altiplano (143 flocks, 10760 animals) were established. Using a clusters experimental design, frequencies of the different characters and correlation coefficients between them were calculated. Relationships between fleece types, morphology of animals and fleece types between them, fleece types and fineness, fleece types and pigmentation patterns, the relationship between white spot design and fineness was established. It can be concluded that the domestic camelids populations studied here were composed of animals with high fibre production potential and have great possibilities for improvement through breeding programs.

**Keywords:** camelids, fibre, colour phenotypes, fleece types, fleece colour, fineness

## Résumé

La population de llamas (*Lama glama*) des hauts plateaux Argentins et Sud-Boliviens (altiplano) réunit des caractères particuliers par rapport au reste de l'espèce. Si l'intérêt de cette population comme ressource génétique a été bien établie, peu de travaux ont été réalisés pour décrire ses caractéristiques de production. Dans cette étude ont été démontrées des relations entre l'âge, le sexe, la morphologie des animaux, la couleur du pelage (patron pigmentaire et disposition des taches blanches), la qualité de la fibre (degré de finesse et diamètre moyen des fibres, types ou styles et couleur de toison) de troupeaux, dans six zones du nord de l'altiplano de la province de Jujuy (143 troupeaux, 10760 animaux). Les fréquences des différents caractères et les coefficients de corrélation entre ces derniers ont été calculés en utilisant une conception expérimentale de conglomerats. Cela a permis d'établir des relations entre les différents types de toisons, entre la morphologie des animaux et le type de toison, entre le type de toison et la finesse des fibres, entre le type de toison et les modèles de pigmentation, et entre la disposition des taches blanches et la finesse des fibres. On peut en conclure que les troupeaux étudiés sont composés d'une population de camélidés domestiques dotés d'un haut potentiel de production de fibres et de grandes possibilités de modification de ce dernier, à travers de programmes d'amélioration génétique.

**Mots-clés:** camélidés, fibre, phénotypes de la couleur, types de toison, couleur de la toison, finesse

---

Presentado: 1 Agosto 2009; aceptado: 29 Agosto 2009

## Introducción

Los estudios de poblaciones de animales domésticos se realizan habitualmente para establecer criterios de clasificación que permitan separar razas o grupos genéticos, como los trabajos realizados en España en caprinos (Herrera, Rodero, Gutierrez, Peña and Rodero, 1996) o en equinos (Jordana y Parés, 1999). Un inventario de recursos genéticos domésticos, por otra parte, es necesario para iniciar su conservación y manejo racional (FAO, 1983) y el establecimiento de una clasificación del stock genético animal doméstico en población tradicional o primaria, razas estandarizadas y/o líneas, permite una mejor comprensión de la dinámica de los cambios que la población sufre a lo largo del tiempo (Lauvergne, 1982).

Un primer intento de establecer dicha clasificación en camélidos sudamericanos domésticos se estableció inicialmente en Europa (Lauvergne, 1994), con la anuencia de la FAO (Fernandez-Baca, 1994) y se trasladó luego a la población de llamas argentinas (Lauvergne, 1996). Dichos estudios establecen la existencia de poblaciones primarias en los Camélidos sudamericanos y especialmente en la población de llamas argentinas. Renieri, Frank, Rosati y Macías Serrano (2008) sugieren que dichas poblaciones responderían a una raza primaria o arcaica caracterizada por una gran variabilidad sobre todo de caracteres visibles, no observándose aún evidencias de la existencia de razas estandarizadas o razas propiamente dichas.

Frank, Wehbe y Tecchi (1991) proponen la realización de relevamientos poblacionales en Camélidos denominándola a dicha metodología como “Estructura Poblacional”. Posteriormente Lauvergne, Frank y Hick (1997) revisan y discuten dicha metodología con el objetivo principal de poder caracterizar y clasificar las poblaciones en las que se realiza el estudio demográfico. La connotación práctica y trascendente resultante de un estudio demográfico es que permite obtener un diagnóstico sobre la oferta poblacional fundamentalmente en lo que respecta a producción de fibra y oferta de animales como material genético disponible para compra-venta (Frank, 1996). Por tanto, partiendo de establecer parámetros poblacionales e interrelaciones entre variables de producción y efectos que modifican esta oferta poblacional y solamente desde un punto de vista fenotípico, se pueden establecer conclusiones genéticas (primariedad), de nivel tecnológico y ubicaciones geográficas (Frank, Hick, Lamas and Wehbe, 1996).

Se hipotetiza que existen variaciones importantes en las frecuencias de los caracteres estudiados y se observan correlaciones entre los atributos productivos, determinados por la calidad de la fibra, con la correspondientes modificaciones debidas a la morfología del animal y estadísticas vitales de las tropas estudiadas.

Los estudios anteriores a este trabajo partieron de poblaciones experimentales controladas por tanto el uso de poblaciones naturales en su propia área de supervivencia y producción puede brindar información real sobre las

interrelaciones que existen entre las variables y situaciones estudiadas (Lauvergne, Renieri and Audiot, 1987). Ello es particularmente importante en las condiciones difíciles del altiplano. Estudios demográficos anteriores en poblaciones naturales fueron realizados en las provincias de Catamarca y de Jujuy (Argentina) y publicados parcialmente por Frank y Wehbe (1993), Frank *et al.* (1996) y Frank (2001).

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio demográfico analizando la frecuencia y las relaciones entre caracteres descriptivos de estadísticas vitales (edad y sexo), atributos morfológicos y atributos productivos o caracteres de calidad de la fibra (color, finura y tipos de mecha) en tropas de diferentes áreas en la provincia de Jujuy, Argentina.

## Materiales y método

### Áreas de estudio

Se tomaron seis áreas de estudio en el extremo noroeste de la provincia de Jujuy, Argentina (Figura 1): Cieneguillas (Área I), Abrapampa (Área II), Timón Cruz (Área III), Rinconada (Área IV), Cusi Cusi (Área V) y Cangrejillos (Área VI). Todas estas áreas de estudio se encuentran entre los 3.500 y 4.500 m.s.n.m. en el altiplano jujeño y con un área de cobertura total de 13.200 km<sup>2</sup>. Dichas áreas están comprendidas por cuatro departamentos de la mencionada provincia: Santa Catalina, Rinconada, Cochinoca y Yavi. Las existencias informadas por el último Censo Nacional Agropecuario del año 2002 son 109.412 animales y según dicho censo la casi totalidad de las mismas se encuentran en los cuatro departamentos.

Las áreas de estudio incluidas en el presente trabajo son el resultado de relevamientos realizados es sucesivos períodos entre desde 1991 y 1997 (Áreas I a V) por Frank *et al.* (1996) y Frank (2001). A dichos relevamientos, en el presente trabajo se incorpora los relevamientos realizados entre 2007 y 2008 (Área VI) observándose en la Figura 2 una de las tropas incluidas.

### Obtención de la información

Para la obtención de datos sobre las tropas se eligió un sistema de encuesta que consiste en muestreos por conglomerados, considerando cada tropa como tal y aleatorizando las tropas a estudiar sobre la base de una línea de marcha que se conoce como de la ‘margarita’ o de ‘rueda de carro’ (Lauvergne, 1996) y que consiste en iniciar la marcha de un punto determinado (usualmente un paraje, escuela, etc.) y describiendo una figura como un pétalo de flor en algunos casos y en otros avanzando en línea recta como los rayos de una rueda. Se muestrearon las tropas cuyos corrales, puestos y/o viviendas de los propietarios, se tocaban en la marcha. Dado lo escarpado del terreno en algunas ocasiones los animales se concentraban en corrales accesibles luego de realizar el sorteo. En todos





Figura 1. Áreas de estudio en la Provincia de Jujuy, Argentina.

los casos se atrapaban todos los animales encerrados (salvo las crías de corta edad) sin seleccionar ninguno de ellos por ningún método, dado que esto no asegura la aleatorización por las condiciones de trabajo imperantes. Se relevaron 143 tropas en total con 10.760 animales y se muestrearon 9.103 lo que representa el 82,5 del efectivo y un tamaño promedio de tropa de 71,9 individuos.

En una planilla de campo se colocaba la información resumida de la siguiente manera: ubicación geográfica, tamaño efectivo de la tropa (presente y declarado por el propietario), categorías de edades, sexo, morfotipo del animal, patrón pigmentario, diseño de la mancha blanca, tiempo de crecimiento del vellón y condición corporal del animal.



Figura 2. Tropa de llama relevada en el Área de Cangrejillos, Provincia de Jujuy, Argentina.

Las categorías de edades solo se establecieron sobre grandes grupos: tekes o crías, maltones o juveniles, adultos y viejos o seniles. El morfotipo del animal se estableció sobre la base de la cobertura del vellón, perfil fronto-nasal, tipo de cabeza (incluidas las orejas) como: llama carguera o 'kcara', llama lanuda, alpacuna e intermedia entre carguera y 'kcara' de acuerdo a los criterios establecidos por Maquera Llano (1991) y parcialmente adaptadas a lo establecido en Morales Zenteno (1997) tratando de no dejarse interferir por el tipo de vellón como le sucede a este autor. Los fenotipos de color (patrones pigmentarios y tipos de mancha) se establecieron a campo de acuerdo a lo descrito por Frank (2001) y resumidos en Frank, Hick, Gauna, Lamas, Renieri and Antonini (2006).

De los animales relevados se tomó una muestra estándar de fibra de la región central del costillar y fueron remitidas al Laboratorio de Fibras Animales de la Red SUPPRAD con sede en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Córdoba. El procesamiento básico consiste en lavar y clasificar las muestras por los criterios de calidad de fibra. Los tipos de vellón se determinaron en el laboratorio también de acuerdo a lo determinado en Frank (2001) y analizado y discutidos en Frank, Hick and Adot (2007). El color de mecha se determinó de acuerdo a cartilla comercial y a la cartilla de suelos de Munsell cuando hizo falta. Y la finura se determinó clasificando las muestras de acuerdo a lo informado en Frank (1996) registrando además el diámetro medio.

## Evaluación estadística

El diseño utilizado para realizar la encuesta, el agrupamiento y análisis descriptivo de los datos constó de un procedimiento de muestreo probabilístico por conglomerados donde cada tropa seleccionada fue un conglomerado o 'cluster' cumpliendo con el requisito de ser excluyentes y exhaustivos y realizándose la estimación de acuerdo a este tipo de diseño (Cochran, 1977). Esta metodología se había establecido previamente al comprobar mayor variación dentro de las tropas que entre las distintas tropas tomadas al azar, al comparar frecuencias de tipos de vellón y morfología de animales (Lamas, H.E. comunicación personal).

Para cada carácter estudiado se calcularon las respectivas frecuencias relativas para tropa, área de estudio y totales. Debido a la falta de normalidad se recurrió a estadística no paramétrica. Luego se determinó una matriz de correlaciones de Spearman entre los caracteres de interés: morfotipo, patrón pigmentario, tipos mancha, color de mecha, clases de finura y tipo de mecha donde algunos de los caracteres fueron resumidos. La evaluación de su significancia individual fue realizada mediante la metodología de Bonferroni. Se utilizó para el procesamiento de la información el programa SPSS (SSPS Inc., 1999).

## Resultados y discusión

Las áreas estudiadas concentran gran parte de las existencias de llamas de los cuatro departamentos relevados de la provincia de Jujuy (Lamas, H.E., comunicación personal) y el número de animales estudiados es del 10%. De acuerdo a la metodología de conglomerados parece ser lo suficientemente importante el número como para obtener confianza en las frecuencias establecidas en las distintas características (Cochran, 1977). No obstante, se debe aclarar que no se poseían datos sobre apareamientos y que siendo algunas tropas muy próximas entre sí es posible que tengan relación genética entre ellas, por lo tanto no se puede asumir apareamientos ni independientes ni menos aleatorios no siendo válidas desde un punto de vista genético las observaciones realizadas (Hartl and Clark, 1996).

Los resultados obtenidos tienen solo valor fenotípico poblacional y como se muestra en la Tabla 1 sirven para determinar la oferta poblacional en lo que respecta a categorías de animales, morfotipos, distribución de fenotipos de color, colores comerciales, tipos de vellón y calidades de fibra clasificadas por finura. En todos los casos las frecuencias son confiables por la metodología utilizada y por la cantidad de animales muestreados reflejándose en el error estándar bajo estimado. Respecto a las estadísticas vitales hay que aclarar que la frecuencia baja de crías (tekes) no reflejan tasas reproductivas ya que en las épocas de muestreos dicha categoría no se encuentra presente. Las llamas presentan una gestación de casi un año

de duración y en el área de estudio las pariciones son estacionales ocurriendo entre diciembre y enero. Por tanto aun no hay madres paridas y las crías del año anterior ya pasan a la categoría de maltón.

Llama la atención la frecuencia baja de los morfotipos pelado o kcara si se los compara con los lanudos e intermedios y en este caso coincide con lo observado en anteriores trabajos (Frank *et al.*, 1996; Frank, 2001). Algo similar sucede con las frecuencias de los morfotipos alpacunos. En la distribución de los patrones de color de capa resulta alta la frecuencia de patrones no identificados por la presencia de la mancha blanca (blancos totales y manchas regulares e irregulares), siendo los tipos cara y extremidades negra, tapado claro o feomelánico y tapado oscuro o eumelánico los más numerosos. Mientras tanto los patrones de coloración raros como el oscuro y claro ('Doberman'), el panza negra ('Badger face') y el raya de mula resultan de muy baja frecuencia como sucede en casi todas las especies de rumiantes domésticos (Renieri, C. y Lauvergne, J.J., comunicación personal). En los colores comerciales resulta destacada la alta frecuencia del blanco (puro y combinado) que supera el 40%, coincidente con la ausencia de patrones y presencia de mancha blanca. Le siguen en importancia los colores combinados como el castaño, el tostado y el marrón rojizo ('chumpe') con casi un 30% acumulado, siendo lo primero aún menor de lo que se encontró en otros trabajos y fundamentalmente más alta la presencia del último color (Frank, 1996). Esto estaría indicando que no se observa en forma general un efecto marcado de 'blanqueo' y que los criadores no han sufrido presiones de la industria para dicho proceso y buscan colores uniformes en sus tropas como sucede en otras partes del país como en la provincia de Catamarca (Frank y Wehbe, 1993).

Para el caso de los tipos de vellón se observan frecuencias similares en los tres principales tipos de vellón donde el simple capa no lustre (SC) representa un poco más del 40%, se observa una importante presencia de los vellones simple capa lustres (HL y L) con un 20% aproximado y aun se conserva una importante cantidad de vellones de doble capa y capa intermedia (35% aprox.). Esto sería debido, por un lado quizás, por la misma razón expuesta para los colores (Frank, 1996) para la mayoría de las áreas estudiadas pero para el caso de otras como la de Cieneguillas (I), si existiría un proceso de selección en contra de vellones doble capa e inclusive a favor de los lustres. Lo más relevante en este estudio son las frecuencias altas de los vellones superfinos y finos (<25  $\mu$ m) donde entre ambos superan el 80% siendo esto ya señalado desde los primeros trabajos (Frank *et al.*, 1996) y aun más marcado en éste estudio con la inclusión del área de Cangrejillos (VI). El diámetro medio ponderado resultante es de 22,34  $\mu$ m para el total de las áreas relevadas.

En la Tabla 2 se presentan las correlaciones de Spearman obtenidas al comparar las frecuencias entre morfotipo, patrón pigmentario, tipos mancha, color de mecha, clases

**Tabla 1.** Distribuciones de frecuencia relativa (FR%) y error estándar (E.E.) de Edad y Sexo (estadísticas vitales), Morfotipo, Patrón pigmentario y Tipo de mancha (Fenotipo de color de capa), Color de Mecha (puros y combinados), Tipo de Mecha y Finura junto a Rango de clases ( $\mu\text{m}$ ) y Diámetro Medio (DMT,  $\mu\text{m}$ ) en las tropas estudiadas.

Edad	FR %	E.E.	Sexo	FR %	E.E.	Morfotipo	FR %	E.E.
Teke	3,82	0,20	Hembra	71,60	0,47	Pelado	4,81	0,22
Maltón	42,31	0,52	Macho	17,02	0,39	Intermedio	37,02	0,51
Adulto	48,78	0,52	Capón	11,38	0,33	Lanudo	55,50	0,52
Viejo	5,09	0,23				Alpacuno	2,68	0,17
Patrón pigmentario	FR %	E.E.	Tipo de mancha	FR %	E.E.			
No definido	25,92	0,46	Ausente	25,01	0,45			
Eumelánico	15,73	0,38	Blanco Total	16,55	0,39			
Doberman	1,17	0,11	Marcas	8,60	0,29			
Cara negra	29,77	0,48	Regular	16,43	0,39			
Raya de mula	1,26	0,12	Irregular	26,89	0,46			
Panza negra	1,52	0,13	Uniforme	6,52	0,26			
Silvestre	6,71	0,26						
Feomelánico	17,93	0,40						
Color de mecha puro	FR %	E.E.	Color de mecha combinado	FR %	E.E.	Tipo de mecha	FR %	E.E.
Blanco	30,02	0,48	Blanco	11,16	0,33	Doble capa	26,89	0,48
Castaño claro	1,07	0,11	Castaño	11,45	0,33	Capa Intermedia	10,03	0,12
Castaño	3,45	0,19	Tostado	6,42	0,26	Simple Capa	42,50	0,13
Tostado	3,65	0,20	Marrón	10,21	0,32	Hemi Lustre	18,02	0,26
Marrón	1,36	0,12	Café	3,42	0,19	Lustre	2,55	0,40
Café claro	1,32	0,12	Gris	3,78	0,20			
Café oscuro	1,48	0,13	Gris rojizo	4,55	0,22			
Negro	2,63	0,17	Entrepelado	0,38	0,06			
			Pintado	3,64	0,20			
Finura	FR %	E.E.	Rango de clase ( $\mu\text{m}$ )	DMT ( $\mu\text{m}$ )	E.E.			
Súper Fino	50,24	0,52	<21,9	20,28	0,06			
Fino	33,42	0,49	22,0 a 24,9	23,14	0,07			
Mediano	14,44	0,37	25,0 a 29,9	26,79	0,09			
Grueso	1,83	0,14	>30,0	34,38	0,59			
Diámetro medio ponderado ( $\mu\text{m}$ )				22,34	0,12			

de finura y tipo de mecha. Para este análisis los caracteres patrón pigmentario, tipos mancha y color de mecha se resumieron como figura en al pie de la Tabla 2.

Las correlaciones entre morfotipo y tipo de mecha parecen confirmar lo observado en llamas bolivianas (Morales Zenteno, 1997) y peruanas (Maquera Llano, 1991) en el sentido que kcara o pelada e intermedia con doble capa están positiva y significativamente asociados ( $r_s = 0,259$  y  $r_s = 0,412$  respectivamente), no así con simple capa que son no significativos ( $r_s = -0,167$  y  $r_s = -0,184$  respectivamente). El morfotipo lanudo y el tipo simple capa de igual manera están asociados en forma significativa ( $r_s = 0,191$ ) y negativamente con doble capa ( $r_s = -0,387$ ). Los tipos lustres (L y HL), a pesar de que tienen frecuencias bajas, correlacionan también positivamente con el morfotipo lanudo ( $r_s = 0,469$ ) y negativamente con el morfotipo intermedio ( $r_s = -0,500$ ) no siendo significativa la correlación con el morfotipo kcara o pelado ( $r_s = -0,186$ ). Los tipos lustres y hemilustres son el único tipo de mecha que correlaciona significativamente con el morfotipo alpacuno ( $r_s = 0,385$ ). Todo ello

permite pensar que los tipos de mecha no son producidos por todos los tipos de animales y existe alguna asociación entre estos caracteres.

La interrelación entre los tipos de vellón parece marcar una tendencia significativa del aumento de frecuencias de simple capa (TMSC) que va acompañado de una disminución concomitante de doble capa + capa intermedia (TMDC) ( $r_s = -0,528$ ). Igual comportamiento tienen los lustres + hemilustres (TML) con relación a doble capa + capa intermedia (TMDC) y con relación a simple capa (TMSC) ( $r_s = -0,587$  y  $r_s = -0,229$  respectivamente).

Por otra parte las finuras se relacionan muy poco con los tipos de vellón, siendo solo significativas las frecuencias de lustre en relación positiva con finuras medianas y gruesas ( $r_s = 0,240$  y  $r_s = 0,272$  respectivamente). Esta observación resulta importante para ser aplicada a la industria textil que supone que los tipos doble capa son gruesos y los tipos lustres son más finos (von Bergen, 1996; Vinella, 1994). Por otra parte, aunque se afirma que en las Alpacas los animales portadores de vellones Suri

**Tabla 2.** Correlaciones de Spearman ( $r_s$ ) obtenidas entre las frecuencias de las distintas características de interés.

	MP	MI	ML	MA	CMP	CMD	FSF	FF	FM	FG
<b>MP</b>	–									
<b>MI</b>	0,155 ns	–								
<b>ML</b>	–0,293**	–0,943**	–							
<b>MA</b>	0,183 ns	–0,195*	0,046 ns	–						
<b>CMP</b>	–0,093 ns	–0,385**	0,446**	–0,060 ns	–					
<b>CMD</b>	0,094 ns	0,385**	–0,446**	0,061 ns	–1,000**	–				
<b>FSF</b>	–0,189 ns	0,191 ns	–0,179 ns	–0,110 ns	0,087 ns	–0,087 ns	–			
<b>FF</b>	0,134 ns	–0,138 ns	0,113 ns	0,113 ns	–0,169*	0,169*	–0,863**	–		
<b>FM</b>	0,183 ns	–0,182 ns	0,193*	0,138 ns	–0,080 ns	0,079 ns	–0,882**	0,601**		
<b>FG</b>	0,095 ns	–0,420**	0,384**	0,041 ns	0,171 ns	–0,173 ns	–0,522**	0,279**	0,527**	–
<b>TMDC</b>	0,259**	0,412**	–0,387**	–0,150 ns	0,282**	–0,281**	0,036 ns	–0,088 ns	–0,031 ns	–0,077 ns
<b>TML</b>	–0,186 ns	–0,500**	0,469**	0,385**	–0,078 ns	0,076 ns	–0,147 ns	0,090 ns	0,240**	0,272**
<b>TMSC</b>	–0,167 ns	–0,184 ns	0,191*	–0,077 ns	–0,170*	0,171*	0,043 ns	0,064 ns	–0,151 ns	–0,144 ns
<b>P0</b>	–0,042 ns	–0,667**	0,617**	0,224*	–0,142 ns	0,143 ns	–0,302**	0,269**	0,263**	0,306**
<b>P1</b>	0,087 ns	–0,260**	0,319**	0,031 ns	0,269**	–0,268**	–0,429**	0,277**	0,528**	0,294**
<b>P3</b>	0,099 ns	0,397**	–0,373**	–0,042 ns	0,227*	–0,228*	0,208*	–0,146 ns	–0,215*	–0,217*
<b>PA</b>	–0,020 ns	0,464**	–0,427**	–0,314**	0,083 ns	–0,084 ns	0,341**	–0,286**	–0,396**	–0,220*
<b>M0</b>	–0,077 ns	0,128 ns	–0,095 ns	–0,183 ns	0,429**	–0,430**	0,152 ns	–0,071 ns	–0,247*	–0,200*
<b>M1</b>	–0,005 ns	0,375**	–0,423**	0,026 ns	–0,628**	0,627**	–0,007 ns	0,085 ns	–0,019 ns	–0,193*
<b>MT</b>	0,143 ns	–0,322**	0,365**	–0,004 ns	0,202*	–0,200*	–0,149 ns	0,025 ns	0,222*	0,265**
	<b>TMDC</b>	<b>TML</b>	<b>TMSC</b>	<b>P0</b>	<b>P1</b>	<b>P3</b>	<b>PA</b>	<b>M0</b>	<b>M1</b>	<b>MT</b>
<b>TMDC</b>	–									
<b>TML</b>	–0,587**	–								
<b>TMSC</b>	–0,528**	–0,229**	–							
<b>P0</b>	–0,428**	0,387**	0,311**	–						
<b>P1</b>	0,098 ns	0,163 ns	–0,129 ns	0,220*	–					
<b>P3</b>	0,386**	–0,303**	–0,278**	–0,668**	–0,163 ns	–				
<b>PA</b>	0,123 ns	–0,259**	–0,018 ns	–0,714**	–0,505**	0,222*	–			
<b>M0</b>	0,341**	–0,213*	–0,199*	–0,418**	0,092 ns	0,419*	0,242*	–		
<b>M1</b>	–0,041 ns	–0,101 ns	0,061 ns	–0,083 ns	–0,381**	–0,064 ns	0,069 ns	–0,135 ns	–	
<b>MT</b>	–0,132 ns	0,129 ns	0,106 ns	0,277**	0,301**	–0,128 ns	–0,175 ns	–0,548**	–0,653**	–

Morfotipo: kcara o pelada (MP), intermedio (MI), lanudo (ML) y alpacuno (MA); Color de mecha: pigmentada (CMP) y despigmentada (CMD); Clases de Finura: superfino (SF), fino (F), mediano (M) y grueso (G); Tipo de mecha: doble capa + capa intermedia (DC), simple capa (SC) y lustre + hemilustre (L); Patrones pigmentarios: no definido (P0), eumelánico (P1), cara y/o extremidades negras (P3), doberman + raya de mula + panza Negra + silvestre + feomelánico (PA). Tipo de mancha: ausente (M0), blanco total (M1), marcas + regular + irregular + uniforme (MT).

(Lustre) son menos resistentes a las inclemencias climáticas (Calle Escobar, 1982), en las regiones estudiadas existen llamas con este tipo de vellón aún presentando condiciones climáticas particularmente rigurosas.

Los patrones pigmentarios y el diseño de la mancha blanca muestran diferentes correlaciones y significancias con los tipos de vellón. Se observan asociaciones significativas para los tres tipos y el patrón cara y/o extremidades negras (P3) y ausencia de mancha (M0), siendo positiva para TMDC ( $r_s = 0,386$  y  $r_s = 0,341$  respectivamente) y negativa para TML ( $r_s = -0,303$  y  $r_s = -0,213$  respectivamente) y para TMSC ( $r_s = -0,278$  y  $r_s = -0,199$  respectivamente). Las asociación con el patrón no identificado (P0) registra un comportamiento inverso, siendo negativa para TMDC ( $r_s = -0,428$ ) y positiva para TML y TMSC ( $r_s = 0,387$  y  $r_s = 0,311$  respectivamente). Este comportamiento se debe

a que la mayor posibilidad de identificación del patrón pigmentario se registra en animales sin presencia de manchas. Otra asociación negativa significativa observada ( $r_s = -0,259$ ) es entre TML y la sumatoria de los patrones pigmentarios menos frecuentes (PA). Ello sería consecuencia de la introducción reciente de reproductores, como producto de las acciones de un programa de mejoramiento que conlleva, junto con el tipo de vellón, un fenotipo de color determinado (Frank, 2001). El resto de las asociaciones entre patrones pigmentarios y el diseño de la mancha blanca con los tipos de vellón no son significativas.

Con respecto a la finura se observan correlaciones significativas y negativas entre las clases de finura mayores y los tipos de mancha uniformes: totalmente blancos (M1) ( $r_s = -0,193$  para FG) y ausencia total de mancha (M0) ( $r_s = -0,247$  para FM y  $r_s = -0,200$  para FG). Por otra parte

se observan correlaciones significativas positivas con los animales con el resto de tipo de manchas (MT) ( $r_s = 0,222$  para FM y  $r_s = 0,265$  para FG). Para las finuras menores (FSF y FF) no se observa ninguna asociación con correlaciones significativas. En cuanto a los patrones pigmentarios se observa un comportamiento inverso entre los patrones P0 y P1 y demás patrones (P3 y PA) en cuanto a su asociación con finura. Para finura FSF existen correlaciones significativas negativas para P0 y P1 ( $r_s = -0,302$  y  $r_s = -0,429$  respectivamente) mientras que para P3 y PA son positivas ( $r_s = 0,208$  y  $r_s = 0,341$  respectivamente). Y para dichos patrones y las finuras mayores (FF, FM y FG) las asociaciones son inversas. Al igual que para lo morfotipos y los tipos de mecha, lo observado aquí permite señalar que las clases de finura y los fenotipos de color no son producidos por todos los tipos de animales y existe alguna asociación entre estos caracteres.

Finalmente se pueden señalar otras correlaciones significativas e interesantes existentes para el color de la mecha con los tipos de mecha: para mechas pigmentadas (CMP) existen correlaciones significativas positiva con TMDC ( $r_s = 0,282$ ) y negativa con TMSC ( $r_s = -0,170$ ) siendo inversa la situación para mechas despigmentadas (CMD). En cuanto a los morfotipos se observan solo correlaciones significativas con MI y ML:  $r_s = -0,385$  y  $r_s = 0,446$  en CMP y valores inversos para CMD. Las correlaciones existentes para color de mecha con los fenotipos de color se explican por su relación biológica (Frank, 2001).

Las distribuciones de frecuencia de los caracteres de efecto visibles estudiados y sus correlaciones, explicarían la condición de población o raza primaria que Lauvergne (1996) y Renieri *et al.* (2008) sugieren para este tipo de población que incluiría algunas de las tropas aquí estudiadas (Figura 2) y que las acciones de mejoramiento estarían modificando dicha situación.

## Conclusión

La variación de las frecuencias de los caracteres en las tropas de las áreas estudiadas es alta. Se encuentran relaciones marcadas entre las frecuencias de tipos de mecha y morfología, tipos de mecha entre sí, tipos de mecha y finuras, tipos de mecha y patrones de pigmentación, tipos de mecha y diseño de la mancha blanca y patrones de pigmentación y calidad de la fibra.

Las 143 tropas estudiadas en el altiplano de la Provincia de Jujuy pueden ser incluidas en la categorización de población primaria por la variación relativamente uniforme de las características visibles evaluadas, aunque una conclusión más fuerte se podría obtener si se utilizara metodología específica como la de índices de primariedad o arcaísmo y si se realiza un análisis de la variación entre las diferentes áreas de estudio. Sería además necesario verificar a través de nuevos muestreos si existieron

modificaciones en las frecuencias y relaciones encontradas y los factores que pudieran ser los causantes.

## Referencias

- Calle Escobar, R.** 1982. Producción y Mejoramiento de los Camélidos Sudamericanos. Banco Agrario del Perú (Ed.), Lima, Perú, 334p.
- Cochran, W.** 1977. Técnicas de muestreo. Compañía Ed. Cont. SA., México. 510p.
- FAO (Food and Agriculture Organization)**, 1983. Animal genetic resources conservation by management, banks and training. FAO, Rome, *Anim. Prod.* paper 44(1): 186.
- Fernandez-Baca, S.** 1994. Genetic erosion on Camelidae. *Boletín de Información sobre Recursos Genéticos Animales (FAO-UNEP)*, 14, 97–105.
- Frank, E.N.** 1996. Genetic improvement of fibre production in South American Domestic Camelids. An approach for the Argentinian population. In: Gerken, M. and Renieri, C. (Eds) *Proc. 2<sup>nd</sup> European Symposium on South American Camelids*. pp. 15–38.
- Frank, E.N.** 2001. Descripción y análisis de la segregación de fenotipos de color y tipos de vellón en llamas argentinas. Tesis de doctorado (UBA).
- Frank, E.N., Wehbe, V.E. y R. Tecchi (cord.)**. 1991. Programa Camélidos. Primer informe de avance. Consejo Federal de Inversiones. 110p.
- Frank, E.N. y Wehbe, V.E.** 1993. Producción y comercialización de fibras de Camélidos domésticos en Argentina. En: Mueller, J.P. Taller sobre producción y comercialización de fibras especiales. pp. 81–96.
- Frank, E.N., Hick, M.V.H. and Adot, O.** 2007. Descriptive differential attributes of type of fleeces in Llama fiber and its textile consequence. 1-Descriptive aspects. *The Journal of the Textile Institute* 98: (3): 251–259.
- Frank, E.N., Hick, M.V.H., Gauna, C.D. Lamas, H.E., Renieri, C. and Antonini, M.** 2006. Phenotypic and Genetic description of fibre traits in South American Domestic Camelids (Llamas and Alpacas). *Small Ruminant Research, Camelids special issue*. Vol. 61(2–3): 103–119.
- Frank, E.N., Hick, M.V.H., Lamas, H.E. and Wehbe, V.E.** 1996. A demographic study on commercial characteristics of fleece in Argentine domestic camelids (CAD) flocks. In: Gerken, M. and Renieri, C. (ed.) *2nd European Symposium on South American Camelids*. pp 51–64.
- Hartl, D.L. and Clark, A.G.** 1996. Principles of Population Genetics. 3rd. Ed. Sinauer Assoc., Inc. Massachusetts, USA. 542p.
- Herrera, M., Rodero, E., Gutierrez, M.J.; Peña, F. and Rodero, J.M.** 1996. Application of multifactorial discriminant analysis in the morphostructural differentiation of Andalusian caprine breeds. *Small Ruminant Reserach* 22: 39–47.
- Jordana, J. y Parés, P.M.** 1999. Relaciones genéticas entre razas ibéricas de caballos utilizando caracteres morfológicos (prototipos raciales). *Bol. de Inf. sobre Rec. Gen. Anim. FAO and UNEP*. 26: 75–94.
- Lauvergne, J., Renieri, C. and A. Audiot.** 1987. Estimating erosion of phenotypic variation in a French traditional goat population. *J. Hered.*, 78: 307–314.
- Lauvergne, J.J.** 1982. Genetics in animal population after domestication: the consequences for breed conservation. *2<sup>nd</sup> World Conf. Gen. Appl. Liv. Prod., Madrid*: 6: 77–87.

- Lauvergne, J.J.** 1994. Characterization of domesticated genetic resources of American Camelids: a new approach. In: Gerken, M. and Renieri, C. (Eds) *Proc. European Symposium on South American Camelids*. pp. 59–65.
- Lauvergne, J.J.** 1996. Clasificación de los recursos genéticos de los mamíferos domésticos con extensión a los Camélidos Sudamericanos. En: Frank, E.N. y Renieri, C. (ed.) *Actas 1º Seminario Int. de Cam. Sud. domésticos*. pp. 59–67.
- Lauvergne, J.J., Frank, E.N. y Hick, M.V.H.** 1997. Dinámica de la población de Camélidos. En: Primer informe de Avance del Proyecto SUPPREME (UE-DGXII-INCO). Work-package C: p. 2–3.
- Maquera Llano, E.** 1991. Persistencia fenotípica y caracterización de los tipos de Llama Kara y Lanuda. *Tesis de Mg. Sc. Prod. Anim.* UNA La Molina. Lima, Perú. 103p.
- Morales Zenteno, R.** 1997. *Tipos de Llama en el altiplano Boliviano*. UNEPCA (ed.) 29pp.
- Renieri, C., Frank, E.N., Rosati, A. y J.A. Macias Serrano.** 2008. El concepto de raza en zootecnia y su aplicación a la llama y a la alpaca. In Frank, E.N., Antonini, M. y O. Toro (Ed.) *South American camelids research*. Vol. II: 233–251. Wageningen Academic Publishers.
- SSPS Inc.** 1999. User Manual.
- Vinella, S.** 1994. The European market of South American camelid wool. In: Gerken, M. and C. Renieri. *European Symposium on South American Camelids*. pp. 155–166.
- Von Bergen, W.** 1963. Specialty hair fibres. *Wool Handbook*, Vol. 1, 3rd Edn. Interscience, 315–450.

# Variabilidad del color de la fibra de alpaca en la zona altoandina de Huancavelica-Perú

I. Oria<sup>1</sup>, I. Quicaño<sup>2</sup>, E. Quispe<sup>3</sup> y L. Alfonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Pública de Navarra, 31006 Pamplona, España; <sup>2</sup>Desco Huancavelica, Huancavelica, Perú; <sup>3</sup>PROCASUD, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

## Resumen

En este trabajo se describe la variabilidad de colores de fibra existente en las poblaciones de alpacas de la región de Huancavelica, Perú. También se analiza la estructura poblacional, la incidencia de defectos y la calidad de la fibra. Se caracterizaron 2341 animales de 22 rebaños de siete comunidades con alpacas de color, y se analizó la calidad de fibra de una pequeña submuestra (121 alpacas). Un 10% de los animales fueron Huarizos y sobre un 20% de color manchado. De los animales de color sólido, un 96% fueron de raza Huacaya y sólo un 4% de raza Suri. El 66% de las alpacas eran de color blanco. Los colores crema y café están bien representados, no así los negro y gris. Para la raza Suri, el problema de conservación va más allá de su coloración, estando en riesgo la propia raza. La estructura de población y la presencia de defectos parecen indicar una menor atención en el manejo de las alpacas de color que en el de las blancas. También la calidad de la fibra de los animales de color fue menor que la de los blancos, decreciendo a medida que aumentaba el tono oscuro de la fibra.

**Palabras clave:** fibra, color, alpaca, camélidos, conservación

## Summary

The present work is intended to describe the variability of fibre colours in the population of alpacas from the region of Huancavelica, Peru. The population structure, the incidence of defects and the quality of the fibre, were also analysed. A total of 2341 animals from 22 flocks from seven communities with colour alpacas were characterised. The quality of fibre was analysed using a small subsample (121 alpacas). 10% of the animals were *Huarizos* and about 20% of stained colour. 96% of the animals of solid colour were from Huacaya breed and only 4% of Suri breed. Sixty six percent of the alpacas were of white colour. The cream and coffee colours were well represented, not however the black and grey. For the Suri breed, the conservation problem goes beyond its colouration, the breed itself being at risk. The population structure and the presence of defects seem to indicate less attention in the handling of the colour alpacas than in the white alpacas. Also the quality of the fibre of the coloured animals was less than that of the white alpacas, decreasing as the dark tone of the fibre increased.

**Keywords:** fibre, colour, alpaca, camelids, conservation

## Résumé

Le présent travail a été conçu pour décrire la variabilité des couleurs de la fibre de la population d'alpagas dans la région de Huancavelica, Pérou. Il analyse également la structure de la population, l'incidence des défauts et la qualité de la fibre. On a caractérisé 2 341 animaux de 22 troupeaux provenant de sept communautés ayant des alpagas de couleur et l'on a analysé la qualité des fibres en utilisant un petit sous-échantillon (121 alpagas). Dix pour cent des animaux étaient *Huarizos* et environ 20 pour cent tachetés; 96 pour cent des animaux de couleur unie provenaient de la race Huacaya et seulement 4 pour cent de la race Suri; 66 pour cent des alpagas étaient blancs. Les couleurs crème et café étaient bien représentées, mais non pas les couleurs noir et gris. Pour ce qui est de la race Suri, le problème de conservation va au-delà de sa coloration, la race même étant à risque. La structure de la population et la présence de défauts semblent indiquer une attention mineure dans la gestion des alpagas de couleur que dans la gestion des animaux blancs. La qualité de la fibre des animaux de couleur était également inférieure par rapport aux alpagas blancs, diminuant à mesure que le ton foncé de la fibre augmentait.

**Mots-clés:** fibre, couleur, alpaga, conservation, camélidés

---

Presentado: 14 Octubre 2008; aceptado: 13 Octubre 2009

## Introducción

La cría de alpacas es una actividad básica en las zonas altoandinas económica y socialmente más deprimidas de Perú como es el caso de la región de Huancavelica

(Montes *et al.*, 2008). El principal producto es la fibra. La fibra de alpaca presenta una importante variabilidad de colores, aunque su descripción no está ni mucho menos consensuada. Normalmente se habla de la existencia de 22 colores distintos (Bustanza, 2001; Renieri *et al.*, 2004), aunque industria y asociaciones de alpaqueros de dentro y fuera de Perú suelen trabajar con un número menor aunque variable de colores. Según las

Correspondence to: L. Alfonso, Universidad Pública de Navarra, 31006 Pamplona, España. email: leo.alfonsa@unavarra.es

normas técnicas peruanas (NTP, 2004) la fibra en vellón se clasifica en cinco colores básicos, blanco, crema, café, gris y negro, aunque se contemplan diversas tonalidades y combinaciones. Desde el punto de vista genético existen muchas teorías sobre la herencia del color, pero son escasos los trabajos de investigación realizados (Hart *et al.*, 2003), por lo que en realidad resulta difícil explicar los distintos colores observados.

Los rebaños de alpaca han sido seleccionados a favor del color blanco por su mayor precio de venta en el mercado, dada la preferencia mostrada por la industria por su interés en el teñido con cualquier color (Bustinza, 2001). El precio de la fibra de alpaca no sólo viene determinado por el color, sino también por su finura. La finura, expresada como diámetro medio, es el parámetro más importante para definir la calidad de la fibra (Renieri *et al.*, 2004). Se cree que el "blanqueamiento" de las alpacas ha disminuido la calidad de la fibra (Fairfield, 2006), aunque en realidad no existe acuerdo sobre la relación entre el color de la fibra y su calidad (Wuliji *et al.*, 2000; McGregor y Butler, 2004; Frank *et al.*, 2006; Lupton *et al.*, 2006).

Como consecuencia de la presión a favor de las alpacas de color blanco, ha habido una importante disminución de los animales de color, especialmente en Perú donde la selección hacia el color blanco ha sido más fuerte que en otros países andinos (Fernandez-Baca, 1994); en la actualidad, más del 80% de las alpacas de la Sierra Peruana son de color blanco (Caballero y Flores, 2004). De las dos razas de alpacas definidas, Huacaya y Suri, el problema es especialmente importante en la raza Suri, dada la importante reducción de la población sufrida años atrás y sus problemas generales de conservación (Enríquez, 2003).

La pérdida de las poblaciones de alpacas de color ha llevado a distintas acciones encaminadas al mantenimiento de los colores en la alpaca, como por ejemplo las restricciones al comercio exterior, o el mantenimiento de bancos de germoplasma de alpacas de color (Huanca *et al.*, 2007a). Afortunadamente para la conservación de la variabilidad de colores, estas acciones se están viendo últimamente reforzadas por un creciente interés de la industria por los colores naturales en lugar del uso de tintes (Bustinza, 2001; FAO, 2005). Al margen de razones económicas y de conservación genética también hay razones de tipo social que hacen importante mantener la variabilidad de color, dado que la fibra de color es una alternativa para promover y capitalizar los telares artesanales (Caballero y Flores, 2004).

El objetivo de este trabajo es describir la variabilidad del color de la fibra de alpaca actualmente existente en el corredor alpaquero de Huancavelica. Adicionalmente, pretende analizar la estructura poblacional y la incidencia de defectos en las alpacas de color entero, así como la calidad de su fibra, por comparación con las alpacas blancas.

## Material y métodos

### Animales y toma de datos

Se caracterizaron 2341 animales de 22 rebaños de alpacas con animales de color. Los 22 rebaños se escogieron dentro de los rebaños de siete comunidades representativas del corredor económico de los camélidos sudamericanos de Huancavelica. Se repartían entre los distritos de Pilpichaca (comunidades Carhuanchó, Lillinta-Pichccahuasi y Pilpichaca), Santa Ana (comunidades Choclococha y Pucapampa) y Ascensión (comunidades Alto Andino y Cachimayo). El número de rebaños por comunidad oscilaba entre 14 (Alto Andino y Cachimayo) y 63 (Carhuanchó), por lo que se escogió al azar un 10% de los rebaños de cada una de ellas para la caracterización de sus animales. Así, se consideraron entre 2 y 6 rebaños por comunidad, con un número de animales por rebaño que osciló entre 14 y 300.

Para cada animal se caracterizó la raza (Huacaya o Suri), el sexo (hembra, macho entero, macho castrado), la edad (por inspección dentaria: dientes de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena), la existencia de defectos congénitos (ojos zarcos, prognatismo, polidactilia, microtia, orejas, cola, criptorquidia e hipoplasia testicular), y el color (blancos, manchados y color entero). Dentro de los colores enteros se clasificó visualmente el color siguiendo la clasificación de 12 colores, además del blanco, usada en la zona. Esa clasificación responde a los cinco colores básicos y sus tonalidades, (blanco, negro, crema -claro, medio y oscuro-, café -claro, medio y oscuro-, gris -claro, oscuro e indefinido-), a los que se añaden el marrón y el api o ruano.

En ocho rebaños se tomaron muestras de fibra de 121 animales para el análisis de su calidad de la misma forma que en Montes *et al.* (2008). El análisis se realizó en el Laboratorio del INTA Bariloche (Argentina) mediante un analizador del diámetro de fibra óptico OFDA2000 (BSC Electronics Pty Ltda., Ardress, WA, Australia), siguiendo la norma IWTO 47 (2000), así como las recomendaciones de Baxter (2001) y Peterson y Gherardi (2001). Los caracteres analizados fueron: diámetro medio, el coeficiente de variación del diámetro (%), el índice de confort (definido como el% de fibras  $\leq 30 \mu\text{m}$ ), la curvatura media de la ondulación ( $^{\circ}/\text{mm}$ ), y la desviación típica de la curvatura de la ondulación ( $^{\circ}/\text{mm}$ ).

### Análisis estadístico

Se analizó la diferencia de frecuencias de sexo, edad y defectos congénitos mayoritarios agrupando los animales en dos categorías: blanco o color entero. El análisis se realizó dentro de raza mediante la prueba Chi-cuadrado (PROC FREQ, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

La calidad de fibra se analizó según color agrupando los animales en cuatro categorías: blanco, crema, café y



negro. El análisis de diferencias entre categorías se analizó por análisis de varianza simple haciendo comparación de medias mediante la prueba Duncan (PROC GLM, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

## Resultados y discusión

### Raza y coloración

De las 2341 alpacas caracterizadas, un 10% resultaron ser *Huarizos*, alpacas obtenidas del cruce de llama macho con alpaca hembra. Son animales que presentan un fenotipo muy similar a la llama y por tanto fácilmente distinguibles de las alpacas, cosa que no ocurre en los sucesivos cruces con alpacas. Es un cruce habitual en comunidades pequeñas donde se realiza un sistema de cría mixto de alpacas y llamas (FAO, 2005). De todos modos, la hibridación entre las distintas poblaciones de camélidos sudamericanos ha sido una realidad desde el siglo XVI (Fernandez-Baca, 1994) que se ha visto acentuada, particularmente en Perú, durante las últimas décadas al perseguir una mayor productividad en fibra. Se ha llegado a estimar que un 80% de la población de alpacas es producto de algún tipo de hibridación (Kadwell *et al.*, 2001).

Un 22% de las alpacas definidas de raza Huacaya o Suri (n = 2115) fueron animales '*manchados*', es decir de coloración no uniforme del vellón. El vellón manchado es una característica considerada como defecto en producción de fibra alpacas, y vemos que incide sobre un importante número de animales. En la región de Puno, que concentra la mayor parte de alpacas, el porcentaje de alpacas de vellón manchado oscila entre un 13% (Huanca *et al.*, 2007b) y cerca de un 30% (Cáceres y Díaz, 2007).

De los 1652 animales que presentaban coloración sólida, un 96% era de raza Huacaya (tabla 1), indicando la progresiva disminución sufrida por la raza Suri durante las últimas décadas (Fernandez-Baca, 1994). Las alpacas de raza Suri y coloración distinta del blanco supusieron sólo un 1% del total de alpacas de vellón de color entero analizadas. Es el mismo porcentaje observado en otras zonas de Perú como el distrito de Nuñoa en el departamento de Puno (Enríquez, 2003), porcentaje que indica un claro

proceso de desaparición de las alpacas Suri de color en las comunidades alto andinas. Como se recoge en la tabla 1 sólo en dos de las siete comunidades se encontraron alpacas Suri de color. Estaban repartidas en seis productores distintos, pero la mitad eran de un único productor de tamaño medio (con menos de 150 alpacas) en el que por contra no estaban presentes los colores gris y negro, sólo crema y café, con sus distintas tonalidades.

### Variabilidad de colores

Los colores crema y café en sus diversas tonalidades son los más frecuentes. Representan el 90% de las alpacas de color tanto en Huacaya como en Suri (tabla 2). El color negro tiene una baja presencia y el gris se puede considerar prácticamente desaparecido en la zona. La tonalidad api o ruano que se utiliza en la clasificación de colores en la región de Huancavelica puede también considerarse desaparecida, al igual que el color marrón en Suri.

Estos resultados no difieren mucho de los referidos últimamente en otros trabajos. En el documento de la FAO sobre la situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú (FAO, 2005) se indica que los colores predominantes son los crema y café, representando cerca de un 80%, seguidos del negro (10%), el gris y el api, representando estos dos últimos menos del 5% en su conjunto. Si comparamos con trabajos recientes sobre la variabilidad fenotípica de colores en Perú, también encontramos coincidencias. Huanca *et al.* (2007a) refieren la misma prelación de colores en la población de la Estación Experimental Illpa - Anexo Quimsachata (Puno), fundada con el objetivo de mantener la variabilidad genética de las alpacas de color; los colores api y gris representan menos del 5% de los animales. Cáceres y Díaz (2007) también muestran cómo en la provincia de Lampa (Puno), el crema es el color más frecuente seguido del café, suponiendo ambos cerca del 60% de las alpacas de color entero.

Si nos fijamos exclusivamente en la raza Suri, donde la pérdida de variabilidad del color es especialmente preocupante, vemos que la situación es semejante a la descrita por Enríquez (2003) en el distrito de Nuñoa (Puno): el color predominante es el crema (56%), seguido del café (33%)

**Tabla 1.** Distribución (%) de las alpacas analizadas según raza, coloración del vellón y comunidad.

	Huacaya (n = 2031)				Suri (n = 84)			
	Blanco	Color	Manchado	Total	Blanco	Color	Manchado	Total
Alto Andino	62.5	17.3	16.3	96.2	3.8	0.0	0.0	3.8
Astobaba	59.4	18.2	21.4	99.1	0.9	0.0	0.0	0.9
Cachimayo	21.6	64.8	13.3	99.6	0.0	0.0	0.4	0.4
Carhuancho	49.7	26.9	10.4	87.1	7.0	3.2	2.7	12.9
Choclococha	53.8	11.2	34.5	99.5	0.3	0.0	0.2	0.5
Llillinta-Pichccahuasi	44.0	42.9	13.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pilpichaca	52.4	21.4	23.5	97.3	0.5	1.6	0.5	2.7
<i>Total</i>	49.5	25.4	21.1	96.0	2.2	0.9	0.8	4.0

**Tabla 2.** Variabilidad del color de la fibra en raza Huacaya y Suri.

	Huacaya		Suri	
	n	%	n	%
Crema claro	143	26.6	9	45.0
Crema medio	48	8.9	2	10.0
Crema oscuro	56	10.4	2	10.0
Café claro	69	12.8	2	10.0
Café medio	105	19.5	3	15.0
Café oscuro	64	11.9	0	0.0
Marrón	15	2.8	0	0.0
Api	1	0.2	0	0.0
Gris	2	0.4	0	0.0
Negro	35	6.5	2	10.0
Total	538	100	20	100

y el negro (6%), representando una vez más api y gris menos del 5%.

### Sexo y edad

La frecuencia de machos es menor en Huacaya de color que en Huacaya blanca (tabla 3) lo que supone una dificultad añadida para la conservación genética de las poblaciones de color, pues significa disponer de un menor tamaño efectivo de población. Además, se observa una mayor incidencia de la castración de machos en alpacas de color que blancas, lo que agravaría la situación. En la raza Suri no se observan diferencias significativas según color. En términos relativos hay un mayor porcentaje de machos Suri de color que blancos, pero también es mayor el porcentaje de castrados. En cualquier caso, el ratio hembra : macho es bajo dada la ausencia de inseminación artificial frente a otras poblaciones domésticas, por lo que el tamaño efectivo de población no es en realidad bajo comparado con otras poblaciones a conservar. Dentro de las poblaciones de alpacas, el

ratio hembra : macho observado es menor que en otras regiones peruanas (Cáceres y Díaz, 2007).

En cuanto a la edad, se puede ver como la población Huacaya de color es una población más envejecida que la blanca (tabla 4). La estructura de edades es parecida a la referida por Cáceres y Díaz (2007) en la provincia de Lampa (Puno), aunque con un mayor porcentaje de animales de cuatro dientes frente a los de boca llena.

Considerando los tres años como la edad recomendada para la reproducción en machos (Tibary y Vaughan, 2006), el intervalo generacional es mayor en alpacas de Huacayas de color que en blancas. Ese mayor intervalo, que retrasaría el progreso genético de un programa de mejora, es favorable en términos de conservación de las alpacas de color. En Suri se observa la misma tendencia, aunque no se puede hablar de diferencias entre blanco y color. Hay que decir que en general, con el escaso tamaño de población de la raza Suri, las diferencias deberían ser muy amplias para poder considerarlas significativas.

### Defectos congénitos

Un 21% de los animales presentó algún tipo de defecto. Los defectos más habituales fueron la presencia de ojos zarcos (11% de los animales) y de prognatismo (8%). El resto de defectos (polidactilia, microtia, orejas, cola, criptorquidia e hipoplasia testicular) se presentó con una frecuencia inferior al 1% para cada uno de ellos. Los resultados coinciden en señalar la existencia de prognatismo y ojos zarcos como los principales defectos actuales en las poblaciones peruanas de alpacas, aunque en este trabajo se observa una mayor frecuencia de defectos que en otras regiones de Perú (Cáceres y Díaz, 2007; Huanca *et al.*, 2007b).

La incidencia de ojos zarcos es menor en alpacas de color como se desprendería de la idea de su asociación genética

**Tabla 3.** Distribución (%) de las alpacas analizadas según sexo y coloración del vellón (blanco vs. color) para Huacaya (n = 1585) y Suri (n = 67).

	Hembras		Machos (% de castrados <sup>1</sup> )		Significación (p-valor)
	Blanco	Color	Blanco	Color	
Huacaya	71.0	75.5	29.0 (2.0)	24.5 (8.0)	** (p = 0.006)
Suri	80.9	75.0	19.1 (0.0)	25.0 (20.0)	ns (p = 0.576)

<sup>1</sup>% (machos castrados/n° total de machos).

**Tabla 4.** Distribución (%) de alpacas según edad y coloración del vellón (blanco vs. color) para Huacaya (n = 1585) y Suri (n = 67).

	DL <sup>1</sup>		2D		4D		BLL		Significación (p-valor)
	Blanco	Color	Blanco	Color	Blanco	Color	Blanco	Color	
Huacaya	39.8	39.4	23.1	12.1	23.3	26.0	13.8	22.5	*** (p < 0.001)
Suri	25.5	30.0	19.2	15.0	31.9	25.0	23.4	30.0	ns (p = 0.799)

<sup>1</sup>DL: dientes de leche (<1.5 años), 2D: dos dientes (1.5–3 años), 4D: cuatro dientes (3–4 años), BLL: boca llena (>4 años).

**Tabla 5.** Incidencia de ojos zarcos y prognatismo según coloración del vellón (blanco vs. color) para Huacaya (n = 1585) y Suri (n = 67).

	Normal Blanco	Color	Incidencia de ojos zarcos			Incidencia de prognatismo				
			Ojos zarcos Blanco	Color	Sig. ( <i>p</i> -valor)	Normal Blanco	Color	Prognatismo Blanco	Color	Sig. ( <i>p</i> -valor)
Huacaya	87.4	94.8	12.6	5.2	***( <i>p</i> < 0.001)	94.3	87.7	5.7	12.3	**( <i>p</i> = 0.001)
Suri	87.2	90.0	12.8	10.0	ns( <i>p</i> = 0.711)	91.5	90.0	8.5	10.0	ns( <i>p</i> = 0.811)

con la falta de pigmentación (tabla 5). La incidencia de prognatismo es superior en las alpacas Huacayas de color que en las blancas. No se observa lo mismo en Suri, que tiene valores semejantes aunque hay que tomar esos resultados siempre con prudencia dado el escaso número de animales de color de esa raza (tabla 5).

### Calidad de la fibra

Los resultados de calidad de fibra de la alpaca Huacaya recogidos en la tabla 6 indican la existencia de asociación entre la calidad y el color de fibra. En la literatura se encuentran resultados contradictorios al respecto. Algunos trabajos indican que no existen diferencias de calidad entre colores (Wuliji *et al.*, 2000) y otros que la fibra de color negro es más fina que la blanca (Frank *et al.*, 2006). Lo mismo ocurre en otros camélidos sudamericanos (Iñiguez *et al.*, 1998; Wurzinger *et al.*, 2006). No obstante, son más los que coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo al señalar que los colores oscuros presentan una fibra más gruesa que los claros (McGregor y Butler, 2004; Lupton *et al.*, 2006).

En la tabla 6 se puede ver como existe un gradiente hacia el engrosamiento de la fibra al pasar del blanco al crema, café y negro. Ese gradiente va acompañado con una disminución del índice de confort de la fibra y una disminución de la curvatura media y su desviación típica. Únicamente el coeficiente de variación del diámetro no indica relación con el color. Los resultados confirman plenamente los obtenidos por Lupton *et al.* (2006) al analizar en alpacas de USA, la relación entre el color y la calidad de fibra, pese a ser la calidad siempre inferior a la observada en este trabajo. Se puede afirmar por tanto que la calidad de la fibra disminuye al aumentar el tono oscuro de color en las alpacas Huacaya analizadas en este trabajo: la mejor calidad se da en fibras de color blanco y crema, siendo la fibra negra la

de peor calidad y situándose con una calidad intermedia las de colores café.

### Conclusiones

Los colores crema y café, y sus tonalidades, se mantienen en bastantes animales en las poblaciones de alpacas de la región de Huancavelica. No ocurre lo mismo con los colores negro y gris, este último prácticamente ausente al igual que el color api o ruano también diferenciado en la zona. En alpacas de raza Suri el problema de conservación de los colores de la fibra es preocupante, y se añade al problema de conservación de la raza en sí en todo el país.

Un porcentaje importante de alpacas de la región son alpacas de vellón manchado, característica indeseada por la industria textil. El ratio hembra : macho entero es mayor en alpacas de color que en alpacas blancas. La estructura de edades indica una población algo más envejecida en alpacas de color que en alpacas blancas. El prognatismo tiene una mayor incidencia en la población de color que en la blanca. La incidencia de ojos zarcos es superior en animales de color blanco como cabía esperar por su relación con la falta de pigmentación, pero pese a todo es también relevante en animales de color. Todos estos resultados parecen indicar una menor atención en el manejo de los animales de color que en el de las alpacas blancas, probablemente ligado al menor peso económico que tienen dentro de los rebaños de las comunidades alto andinas.

La calidad de la fibra de los animales de color es claramente inferior a la de los animales blancos. No se puede concluir que exista relación causal entre el color y la calidad de la fibra dado que la selección genética realizada sobre las poblaciones de distintos colores no ha sido la misma. No obstante, se observa una relación entre la oscuridad del color de la fibra y su calidad, decreciendo esta última al ir del blanco al negro pasando por los colores crema y café.

**Tabla 6.** Valores medios de distintos parámetros de calidad de la fibra de alpacas Huacaya según su color ( $\pm$  error típico).

	Blanco (n = 34)	Crema (n = 56)	Café (n = 23)	Negro (n = 8)
Diámetro medio <sup>1</sup> ( $\mu$ m)	22.45 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>	23.91 $\pm$ 0.47 <sup>ab</sup>	25.36 $\pm$ 0.66 <sup>bc</sup>	27.10 $\pm$ 1.27 <sup>c</sup>
Coefficiente de variación del diámetro (%)	18.86 $\pm$ 0.39	18.80 $\pm$ 0.27	20.01 $\pm$ 0.51	19.44 $\pm$ 0.41
Índice de confort (fibras $\leq$ 30 $\mu$ m) <sup>1</sup> (%)	92.52 $\pm$ 1.67 <sup>a</sup>	87.60 $\pm$ 1.92 <sup>ab</sup>	81.95 $\pm$ 3.45 <sup>bc</sup>	75.59 $\pm$ 5.63 <sup>c</sup>
Curvatura media <sup>1</sup> (°/mm)	36.77 $\pm$ 1.38 <sup>a</sup>	32.75 $\pm$ 1.01 <sup>ab</sup>	29.68 $\pm$ 1.51 <sup>b</sup>	22.83 $\pm$ 2.44 <sup>c</sup>
Desviación típica de la curvatura <sup>1</sup> (°/mm)	28.97 $\pm$ 0.89 <sup>a</sup>	26.59 $\pm$ 0.70 <sup>ab</sup>	25.29 $\pm$ 1.23 <sup>b</sup>	19.70 $\pm$ 1.58 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no fueron significativamente distintas con *p* < 0.05.

## Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de los *alpaqueros* de Huancavelica que han participado en este estudio, así como la ayuda económica del INCAGRO-Perú, (Contrato Nro. 2006-002011), el Laboratorio de INTA-Bariloche (Argentina), y la Universidad Pública de Navarra y el Gobierno de Navarra (España).

## Referencias

- Baxter, B.P.** 2001. On-farm classing of animals and fleeces with the OFDA 2000. *Wool Tech. Sheep Breed.* 49, 133–155.
- Bustanza, V.** 2001. La Alpaca, conocimiento del gran potencial andino. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 493 pp.
- Caballero, W., Flores, A.** 2004. La Sierra: Primera Prioridad para salir del subdesarrollo agrario. CONCYTEC. Lima, Perú. 272 pp.
- Cáceres, M., Díaz, G.** 2007. Estructura poblacional y variabilidad fenotípica de alpacas (*Vicugna pacos*) en el distrito de Paratía, Provincia de Lampa-Puno. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15 (Supl. 1), 480–481.
- Enríquez, P.** 2003. La alpaca suri de colores naturales: ¿una raza en proceso de extinción? *LEISA Revista de Agroecología* 19(3), 22–25.
- Fairfield, T.** 2006. The politics of livestock sector policy and the rural poor in Peru. Pro-Poor Livestock Policy Initiative (PPLPI) Working Paper No. 32, FAO, Rome. 70 pp.
- FAO.** 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. 62 pp.
- Fernandez-Baca, S.** 1994. Genetic erosion on Camelidae. *Animal Genetic Resources Information.* 14, 97–105.
- Frank, E.N., Hick, M.V.H., Gauna, C.D., Lamas, H.E., Renieri, C., Antonini, M.** 2006. Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Rumin. Res.* 61, 113–129.
- Hart, K.W., Baker, S.J., Skerrit, J.W., Vercoe, P.E.** 2003. The gene for white fleece in alpacas is homologous to  $A^{WT}$ , the gene for white fleece in sheep. Proceedings of the Fifteenth Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Melbourne, Australia, p. 82–85.
- Huanca, T., Apaza, N., Gonzáles, M.** 2007a. Experiencia del INIA en el fortalecimiento del banco de germoplasma de camélidos domésticos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15 (Supl. 1), 186–194.
- Huanca, T., Apaza, N., Sapana, R.** 2007b. Defectos congénitos y hereditarios visibles en alpacas de dos zonas representativas de la región de Puno. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15 (Supl. 1), 480.
- Iñiguez, L.C., Alem, R., Wauer, A., Mueller, J.** 1998. Fleece types, fiber characteristics and production systems of an outstanding llama population from Southern Bolivia. *Small Rumin. Res.* 30, 57–65.
- IWTO-47.** 2000. Measurement of the Mean and Distribution of Fibre Diameter of Wool Using an Optical Fibre Diameter Analyser (OFDA). International Wool Textile Organisation Specifications, The Woolmark Company, Ilkley, England.
- Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H.F., Baldi, R., Wheeler, J.C., Rosario, R., Bruford, M.W.** 2001. Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proc. Biol. Sci.* 268, 2575–2584.
- Lupton, C.J., Mccoll, A., Stobart, R.H.** 2006. Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Rumin. Res.* 64, 211–224.
- McGregor, B.A., Butler, K.L.** 2004. Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Aus. J. Agric. Res.* 55, 433–442.
- Montes, M., Quicaño, I., Quispe, R., Quispe, E., Alfonso, L.** 2008. Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6, 33–38.
- NTP.** 2004. Fibra de alpaca en vellón. Normas técnicas peruanas 231.300. INDECOPI.
- Peterson, A.D., Gherardi, S.G.** 2001. The ability of the OFDA200 to measure fleeces and sale lots on-farm. *Wool Tech. Sheep Breed.* 49, 110–132.
- Renieri, C., Antonini, M., Frank, E.** 2004. Fibre recording systems in camelids. In: *Current status of genetic resources, recording and production systems in African, Asian and American Camelids*. ICAR Technical Series 11, 131–141.
- Tibary, A., Vaughan, J.** 2006. Reproductive physiology and infertility in male South American camelids: A review and clinical observations. *Small Rumin. Res.* 61, 283–298.
- Wuliji, T., Davis, G.H., Dodds, K.G., Turner, P.R., Andrews, R.N., Bruce, G.D.** 2000. Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *Small Rumin. Res.* 37, 189–201.
- Wurzinger, M., Delgado, J., Nürnberg, M., Valle Zárate, A., Stemmer, A., Ugarte, G., Sölkner, J.** 2006. Genetic and non-genetic factors influencing fibre quality of Bolivian llamas. *Small Rumin. Res.* 61, 131–139.

# Utilisation of Garole sheep wool: a step towards the alleviation of poverty

Sandip Banerjee

*B-1/87, Kalyani, Nadia, West Bengal 741235, India*

## Summary

Garole is a breed of sheep reared in the Sunderban region of India and Bangladesh. The animals of this breed are adapted to the hot and humid coastal region and are often seen grazing in water. Garole are reared as mutton sheep. The value of their wool is grossly ignored and presently wasted. The raw wool obtained from this breed can be stored for a long time without any significant deterioration in quality, that might be attributed to the genetic tolerance of the breed towards fleece rot. The wool quality parameters of Garole sheep indicate that the wool is coarse but has an excellent felting property. The raisers of these sheep are economically challenged members of the society, and handicrafts produced from the wool can assist in the alleviation of poverty as well as provide an alternative livelihood. An organisation has taken steps in scientific sheep rearing in the region and has assisted in training members of the community in the production of rugs from the wool. The organisation is also providing assistance in marketing the products developed on behalf of the beneficiaries.

**Keywords:** *Garole sheep, self-help groups, West Bengal, wool*

## Résumé

Garole est une race de moutons élevés dans la région Sunderban de l'Inde et du Bangladesh. Les animaux sont bien adaptés dans la région côtière chaude et humide et sont souvent vus en paissant dans le genou l'eau profonde. La race est élevée essentiellement comme les moutons de mouton, pendant que la valeur de la fibre est grossièrement ignorée et est gaspillée jusqu'à la date. La laine brute obtenue de cette race peut être conservée depuis longtemps sans n'importe quelle détérioration apparente dans les traits qualitatifs, qui pourraient être attribués à la tolérance génétique de la race vers la pourriture de toison et le pied. La laine est grossière, mais a une propriété felting excellente. Les rearers sont économiquement défiés les membres de la société et des habiletés manuelles produites de la laine peuvent aider au soulagement de pauvreté laussi bien que fournir une source alternative de moyens d'existence. Une organisation a fait le pas dans les moutons scientifiques se cabrant dans la région et aidant aussi aux membres s'entraînant de la communauté dans la production de petits tapis felted de la laine obtenue des moutons Garole qu'il commercialise de la part des membres du moi les groupes d'aide les produisant.

**Mots-clés:** *mouton Garole, groupes autonomes, Bengale-occidental, laine*

## Resumen

La Garole es una raza ovina criada en la región de Sunderban en la India y Bangladesh. Los animales de esta raza se han adaptado a la región costera húmeda y cálida, y se les puede ver con frecuencia pastando en el agua. Se trata de ovejas orientadas hacia la producción cárnica. El valor de la lana obtenida de estas ovejas es enormemente ignorado y actualmente se desaprovecha. La lana sin tratar obtenida de esta raza puede ser almacenada durante mucho tiempo sin sufrir ningún tipo de deterioro significativo con respecto a su calidad, lo cual podría ser atribuido a las características genéticas de la raza contra el deterioro del vellón. Los parámetros de calidad de la lana de la oveja Garole, según se refleja en el texto, indican que la lana se corresponde con un tipo de lana basta pero que presenta unas buenas propiedades para ser trabajada con fines textiles. Dentro de la sociedad actual, los criadores de ganado ovino afrontan diferente tipo de retos económicos, y la artesanía obtenida de la lana puede ayudar a aliviar la pobreza, además de a proporcionar una fuente alternativa de sustento. Una organización ha dado un paso adelante en esta región a la hora de criar animales de la especie ovina de una forma más científica, así como a la hora de ayudar a formar a los miembros de la comunidad en la fabricación de alfombras hechas de esta lana. La organización también está prestando su ayuda en la comercialización de los productos desarrollados en nombre de los beneficiarios.

**Palabras clave:** *Garole, grupo de autoayuda, West Bengal, lana*

---

Submitted 21 July 2009; accepted 13 October 2009

## Introduction

“Garole” is a breed of sheep found in and around the districts adjoining the Sunderban delta region (Figure 1) in

the state of West Bengal and the abutting districts of Bangladesh (Ghalsasi and Nimbkar, 1993; Banerjee and Banerjee, 2000). The habitat of this breed spans between 21°–23° N latitude and 87°–89° E longitude (Figure 2), covering an area of approximately 4226 km<sup>2</sup> (Bose and Moitra, 1995). The breed is spread within the districts of South 24-Parganas, North 24-Parganas and Midnapore in West Bengal, India.

Correspondence to: S. Banerjee, B-1/87, Kalyani, Nadia, West Bengal 741235, India. email: sansoma2003@yahoo.co.in



**Figure 1.** Garole sheep grazing in a water logged field.

The Sunderban region is surrounded by rivers and rivulets, and agriculture is mostly rain fed and restricted to the kharif (monsoon) season only. The average annual rainfall varies between 1800 and 2000 mm, 80% of which occurs between May and October. The areas within the breeding tract have very poor drainage and the highest elevation is 200 m above sea level (Sharma *et al.*, 1999).

Garole is considered as a progenitor of the Booroola gene which is responsible for the high prolificity in sheep (Ghalsasi and Nimbkar, 1993). The Booroola gene has also been traced in the ovine population from the districts of Jalpaiguri, Cooch Behar and Midnapur (East; Banerjee *et al.*, 2009).

The population of Garole sheep is estimated to be around 261 840 in the district of 24-Parganas (North and South; ICAR, 2000).

Garole sheep are particularly known for the quality of felt produced from their fleece. Felts are included in the class of non-wovens as no thread enters into the composition of the fabric; the structure is built up by interlocking the fibres with a suitable combination of mechanical work, chemical action, moisture and heat without spinning, weaving or knitting. It may consist of one or more classes of fibres: wool, reprocessed wool or reused wool with or without an admixture with animal, vegetable and synthetic fibres. The unique property of wool fibres to produce an irreversible structure by rubbing under certain conditions is utilised to produce felt or non-woven products (Australian Felt Specialist Pty Ltd., 1999). The present report pertains to a pilot project which was launched by a private organisation to study the fleece character of Garole sheep and its possible addition of value.

The beneficiaries under the project are the women of an economically challenged community of the villages adjoining the livestock farm of the organisation. The respondents under the project are skilled in the art of kantha stitch (a traditional form of embroidery), the motifs of which are performed on the felted materials.

The objective of this paper was to investigate the fleece quality of Garole sheep and its possible value. The project

was further aimed at the possible improvement of livelihood amongst the Garole sheep raisers and the traditional artisans in the region by creating a symbiotic relationship amongst the beneficiaries, thereby assisting in the alleviation of poverty.

## Materials and methods

The wool for analysis was collected from the breech region of the Garole sheep. The fleece was analyzed at the Wool Analysis Laboratory, Central Sheep and Wool Research Institute, Avikanagar. The wool fibres were visually observed and counted with the help of a projection microscope at 500 power magnification. The fibre diameter was measured in accordance with the standard protocol suggested by Werner Von Bergen (1963). The chemical analysis of the wool fibre was carried out according to the methodology of the Bureau of Indian Standards (1964).

The sheep were washed prior to shearing. After clipping, the wool was sorted, graded and cleaned. The process of felting was carried out via the method of Ammayappan *et al.* (2006).

The felted base was dyed using natural or vegetable dyes such as henna (*Lawsonia inermis*) paste containing some amount of catechu (*Acacia catechu*) powder. A pilot project aimed towards scientific sheep rearing and value addition of the wool fibres from Garole sheep was initiated in the year 2006. The project was initiated with the members of three self-help groups (SHG) in the region. The raisers of the Garole sheep are unaware of the utility of the wool and allow it to be shed naturally.

The beneficiaries (SHG members) are provided with two to four sheep each, depending upon their interest and ability to raise the sheep. The animals are provided to the respondents of the project on mutually agreeable terms, locally known as 'poshani'.

The training provided regularly to the respondents is aimed at scientific rearing of the sheep, veterinary first aid and clean wool production techniques. The veterinary health care for the sheep is ensured by the paravets of the organisation. The lambs that are born are divided amongst the beneficiary and the organisation in mutually agreed terms (Figure 3). A total of 280 sheep have been distributed thus far under the pilot project.

## Results and discussion

The wool quality parameters of Garole sheep are presented in Table 1. The table shows that the fibres of Garole sheep are hairy and coarse.

The process of felting varies according to the types of wool and the scale length, fineness, waviness and other physical properties (Gupta *et al.*, 1987). The scale outline of wool is

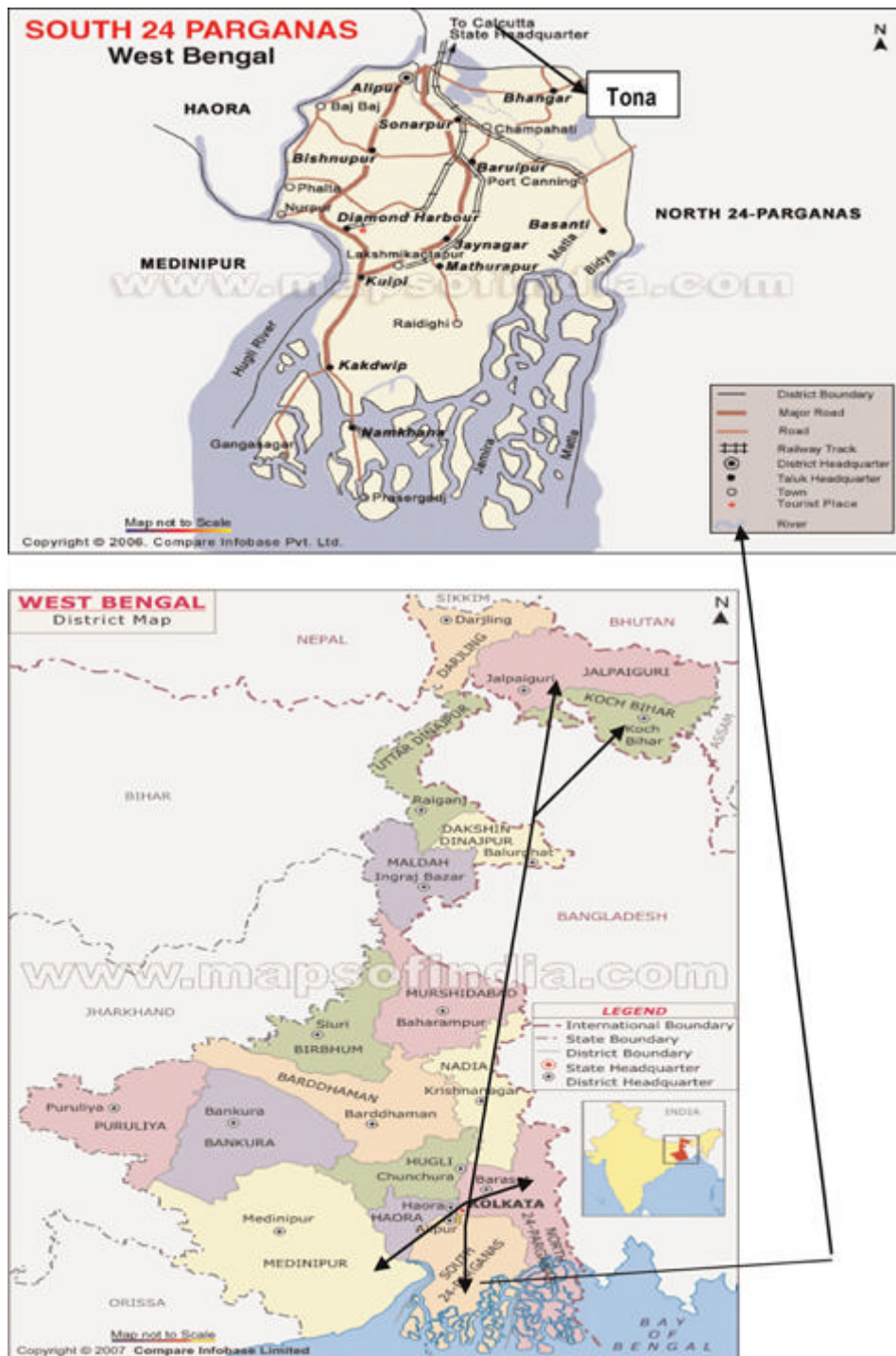


Figure 2. The breeding tract of Garole sheep in West Bengal and the location of Village Tona in 24-Parganas (South).

more closely related to the diameter of the fibre than that of the breed from which it is obtained. The process of felting is influenced by the fineness of the fibre and its medullation property (Gupta *et al.*, 1987). The average fibre diameter of wool obtained from the Garole sheep as obtained in the present study indicates it is quite high and the medullation percentage is lower than those of other carpet wool producing breeds of India, namely, the Chokla and

Malpura breeds of sheep. Thus, the felted material from the wool of Garole sheep has poor breakage strength and is not suitable for the production of large rugs. The felted material from the wool of these sheep can be further improved by the addition of vegetable fibres.

Gupta *et al.* (2007) reported that the appearance of the felted material and medullation of wool are correlated.



**Figure 3.** A beneficiary with her Garole ewe.

Products developed from wool fibres with a low diameter and high crimp have a better appearance than the ones with a high diameter and fewer crimps.

The most significant fibre characteristic in determining the rate of loose wool felting is the crimp and crimp frequency (Sherman *et al.*, 1968). The numbers of crimps per inch of wool fibre from Garole sheep is moderate to low in comparison to other carpet wool breeds of India. Hence, it is recommended that a better felted base can be obtained if 25–30% of cotton or an allied fibre is added to the wool from Garole sheep.

**Table 1.** Wool quality parameters of rams and ewes of Garole sheep.

Parameters	Rams	Ewes
	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE
Length (cm)		
Staple	7.13 $\pm$ 1.25 (45)	5.41 $\pm$ 1.06 (57)
Bundle	7.43 $\pm$ 1.56 (45)	5.70 $\pm$ 1.2 (57)
Crimp (bends/in.)	2.78 $\pm$ 0.50 (45)	2.86 $\pm$ 0.35 (57)
Wool (%)		
Fine	18.60 $\pm$ 1.6 (45)	18.95 $\pm$ 2.1 (57)
Hetero	10.23 $\pm$ 2.2 (45)	10.40 $\pm$ 2.9 (57)
Hairy	70.74 $\pm$ 5.6 (45)	70.46 $\pm$ 6.8 (57)
Average wool diameter ( $\mu$ m)		
Fine	40.8 $\pm$ 5.4 (45)	31.2 $\pm$ 4.3 (57)
Hetero	60.2 $\pm$ 6.2 (45)	83.0 $\pm$ 5.9 (57)
Hairy	133.4 $\pm$ 8.9 (45)	121.5 $\pm$ 7.2 (57)
Scouring yield (%)	86.10 $\pm$ 3.5 (45)	83.1 $\pm$ 2.5 (57)
Wool wax (%)	5.57 $\pm$ 1.9 (45)	6.15 $\pm$ 1.3 (57)

*Note:* The values in parentheses indicate the number of sheep.



**Figure 4.** Some products developed by the beneficiaries. The one at right has been dyed with henna and catechu.

Gupta *et al.* (2007) concluded that the shrinkage caused by contraction of stretched fibres increases with an increase in fibre length, thus leading to better felting.

The average wool fibre length obtained in the present study favours the development of felted products. The process of felting is also dependent on allied non-genetic factors such as the temperature (it makes the fibre more elastic and plastic, easier and more likely to move and will make it distort and entangle itself with other fibres; heat also leads to swelling of fibres and increases inter-fibre friction and enhancement of inter-fibre contact), quality of soap and amount of mechanical friction.

The wool parameter findings obtained in the present study and under farm conditions indicated that Garole sheep can be clipped twice per year. The wool quality parameters of both sexes of Garole sheep of found in the present study disagree with the results obtained by Singh and Bohra (1996). My observations show that the amount of wool (greasy fleece) which can be obtained per clipping of an adult Garole sheep can vary between 170 and 240 g over a growth period of 6 months (Banerjee, 2003).

The felted products which are presently being manufactured by the beneficiaries under the project include items which are small and easy to sell, such as newspaper holders and tea cozies (Figure 4). The felted products are sold at local fairs and amongst the acquaintances of the members of the organisation. It is expected that such direct marketing will assist in creating awareness amongst the users in regard to the uniqueness of the wool from Garole sheep and create a subsequent market for it in the future. The sales proceedings are shared with the members of the SHG on a no profit, no loss basis. In the long term this is expected to start a new cottage industry in the region. Over time, more SHGs will be brought into its fold, thereby assisting a larger section of the society. Presently, each of the members earn roughly Rs 250 (US \$1 = Rs 47) per sheep annually from the sales proceeds of the finished products.



The quality of the products will also be further improved by the inclusion of vegetable fibres in the future and by the creation of traditional motifs and better designs.

## Acknowledgements

The author acknowledges the assistance received from the staff members of Bio Diverse Farming Pvt Ltd Kolkata. He is also grateful for the encouragement received from Dr Sonali Sengupta and Mr Uday Bhanu Roy, Directors, Biodiverse Farming Pvt Ltd, and Ms Sanghamitra Das for her untiring efforts towards the implementation of the Pilot Project.

## References

- Ammayappan, L., Moses, J., and Shunmugam, V.** (2006) An overview of the production of non-woven fabric from woolen materials. *IE(I) Journal—Textile* 87, 3–7.
- Australian Felt Specialist Pty Ltd** (1999) From sheep to shop: A story about the process of making of pressed woolen felt. Australian Felt Specialists Pty Ltd, Blackburn, Victoria, accessed 3 September 2009 at <http://www.ausfelt.com/Schools.htm>.
- Banerjee, S.** (2003) Studies of some economic traits of Garole sheep of West Bengal. PhD thesis, Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, West Bengal, India.
- Banerjee, S., and Banerjee, S.** (2000) Garole sheep of Bengal. *Asian Livestock* 24(3), 19–21.
- Banerjee, S., Galloway, S., and Davis, G.H.** (2009) Breeding tract of Garole sheep in West Bengal. Unpublished data.
- Bose, S. and Moitra, D.N.** (1995) Bengal breed of sheep in the Sunderbans. Asian Livestock Food and Agricultural Organisation, Bangkok, pp. 16–17.
- Bureau of Indian Standards** (1964) Chemical analysis of wool. Bureau of Indian Standards, p. 1349.
- Ghalsasi, P.M., and Nimbkar, B.V.** (1993) The “Garole” microsheep of Bengal, India. *Animal Genetic Resources Information Bulletin* 12, 73–79.
- Gupta, N.P., Agarwal, R., and Pant, S.** (2007) Factors affecting felting of wool: An overview. *Journal of the Textile Association* May–June, 43–45.
- Gupta, N.P., Patni, P.C. Arora, R.K., and Singh, U.S.** (1987) Influence of medullated fiber on mechanical processing and product performance. *Indian Journal of Textile Research* 12, 46.
- ICAR** (2000) Survey evaluation of Garole sheep in Sunderban area of West Bengal. ICAR Ad Hoc Project Annual Report 10-12-98 to 9-12-99.
- Sharma, R.C., Arora, A.L., Narula, H.K., and Singh, R.N.** (1999) Characteristics of Garole sheep in India. *Animal Genetic Resource Information Bulletin* 26, 57–64.
- Sherman, J.B., Balasubramaniam, E., and Whiteley, K.J.** (1968) The effect of temperature on the felting properties of loose wool. *Journal of the Textile Institute* 59, 1–9.
- Singh, R.N., and Bohra, S.D.J.** (1996) Garole sheep a profile (Bengal breed of sheep locally known as Garole). *Indian Journal of Small Ruminants* 2(2), 38–42.
- von Bergen, W.** (1963) Wool handbook, Vol. I. J.P. Sterens and Co. Inc., a division of Wiley–Interscience, New York.



# The Pecora Nera di Arbus: a new sheep breed in Sardinia, Italy

M. Piras, Sara Casu, S. Salaris, M.G. Usai and A. Carta

*Department of Animal Science, Agris Sardegna, Agricultural Research Agency of Sardinia, Sassari, località Bonassai SS 291 km 18,6, Italy*

## Summary

A study of the genetic diversity of Sardinian sheep identified a small population of Pecora Nera di Arbus sheep. This population is composed of about 1000 ewes located in the southwest of Sardinia (Medio-Campidano district), mainly in the area surrounding the village of Arbus. The main features of this breed are black fleece, small size, small or absent auricles and a high frequency of horns in both sexes. These ancestral traits suggest that the population escaped the selection process, that was mainly oriented toward milk yield and the white colour of the fleece, for which the predominant white strain of Sardinian sheep was established. Currently, a programme of promoting this new breed is ongoing. It is mainly based on the production of natural black wool for apparel without chemical dyes.

**Keywords:** *ancestral traits, Arbus, black fleece, genetic diversity, Pecora Nera di Arbus.*

## Résumé

L'étude de la diversité génétique de la brebis sarde a permis d'identifier une petite population de Pecora Nera di Arbus. Cette population se compose d'environ 1000 têtes localisées dans le Sud-ouest de la Sardaigne, principalement aux alentours de Arbus (province de Medio-Campidano). Les caractéristiques principales de cette race sont la couleur noire de la laine, la taille petite, les pavillons auriculaires très courts ou absents et la présence de cornes, souvent chez les deux sexes. Ces caractères ancestraux suggèrent que cette population échappait le processus sélectif qui a intéressé la souche blanche de brebis sardes, qui était visée à l'amélioration de la production laitière et à la fixation de la couleur blanche de la toison. A présent, un programme de valorisation de cette nouvelle race est en cours. Il est basé sur la production de tissus de laine noire sans colorants artificiels.

**Mots-clés:** *caractères ancestraux, Arbus, toison noire, diversité génétique, Pecora Nera di Arbus*

## Resumen

El estudio de la diversidad genética de la población ovina de Cerdeña ha permitido la identificación de una población ovina no muy numerosa denominada Pecora Nera di Arbus. Dicha población está compuesta por unas 1000 ovejas, localizadas en el suroeste de Cerdeña (región Medio-Campidano), fundamentalmente en la zona existente alrededor del pueblo de Arbus. Las principales características de esta raza son su vellón de color negro, su pequeño tamaño, sus pequeños pabellones auriculares, o la ausencia de los mismos, así como la alta presencia de cuernos en ambos sexos. Estos rasgos ancestrales hacen ver que la población no ha sido sometida a ningún tipo de selección, y que su cría ha estado enfocada principalmente hacia la producción de leche y el color blanco del vellón, al que se ha establecido la línea blanca predominante en el ovino de Cerdeña. Actualmente, está en marcha un programa para promocionar esta nueva raza. Se basa principalmente en la producción de lana negra para ser utilizada naturalmente para ropa sin tintes químicos.

**Palabras clave:** *características ancestrales, Arbus, vellón negro, diversidad genética, Pecora Nera di Arbus*

---

Submitted 31 July 2009; accepted 28 August 2009

## Introduction

In Sardinia, there are about 3 million sheep belonging to the Sardinian breed. During the last century, this breed has been genetically improved for milk yield and the white colour of the fleece. A recent study on the genetic diversity of Sardinian sheep (Carta *et al.*, 2005) allowed the identification of a small population of ewes located in the southwest of the island (Medio-Campidano district),

mainly in the area surrounding the village of Arbus. In 2008 this population was officially recognised as an endangered breed by the Italian Ministry of Agriculture with the name 'Pecora Nera di Arbus' (Black sheep of Arbus). The population of this breed is estimated to be approximately 1000 ewes. The Pecora Nera di Arbus is a small-sized animal (withers height of 65 and 58 cm for males and females, respectively), with average live weights of 46 kg for males and 35 kg for females (Assonapa, 2007). It has a light head which is frequently horned (Figure 1) with a uniformly black face, a straight or slightly ram-like profile and small or absent auricles (Figure 2). It is a coarse-woolled breed showing a black

Correspondence to: M. Piras, Department of Animal Science, Agris Sardegna, Agricultural Research Agency of Sardinia, Sassari, località Bonassai SS 291 km 18,6, Italy. email: mpiras@agrisricerca.it



**Figure 1.** “Pecora Nera di Arbus” horned sires.

open fleece of mixed fine and coarse wool fibres stretching halfway down the foreleg and a little further up the hock. The faces and fleece are often a mixture of brown, black and grey patches. Sheep are sheared once per year, usually in May. Wool yield and characteristics are reported in Table 1. The main features of these animals are black fleece and the presence of some ancestral traits such as small size, small or absent auricles and high frequency of horns both in males and females. These ancestral traits suggest that this population escaped the selection process to which the predominant white strain of Sardinian sheep has been established. Thus, the first records from an experimental flock showed that milk production per lactation is around 180 L, that is 20% lower than that of the improved Sarda sheep (Carta *et al.*, 2004). The conservation of this breed was probably due to the life style and economic activities of the Arbus region. The Arbus area is well known for its handicrafts such as ‘Arburesa’ and ‘Furesi’. The first is a jackknife with the sheep-horn handle and the latter is the traditional name of the black coarse woollen fabric from Sardinia (Cetti, 1774). Furthermore, the Pecora Nera di Arbus sheep have been adapted to exploit marginal areas which are mainly hill pastures (Figure 3), that are typical of the Arbus region.



**Figure 2.** The details of small or absent auricles in Pecora Nera di Arbus sheep.

**Table 1.** Wool yield and features.

Performance	Optimum	Typical or moderate
Clean fleece yield (%)	65	55
Crimp		Low
Fibre (staple) length (cm)		18.8
Fibre diameter ( $\mu\text{m}$ )		0.037
Greasy fleece weight (kg)	1.5	1.2
Natural colour		Black, often with brown and gray patches



**Figure 3.** Pecora Nera di Arbus sheep at pasture.

Therefore, this breed might be of interest in terms of genetic diversity and may constitute a reservoir of rare gene variants.

Currently, a programme to promote the wool production of this new breed is ongoing in the framework of an EU project of the Operating Programme of the Transnational Cooperation Programme MED ‘Maritimo’ between Italy and France ‘Looking for colours and textiles of Mediterranean’ or MED-LAINE. In particular, an experimental flock of Pecora Nera di Arbus is being bred in the Agris’ Experimental Farm of Macomer (NU) with the objective of studying the production of black wool to be used naturally for apparel which are free of chemical dyes.

## References

- Assonapa (2007) Registri anagrafici ovini. Pecora Nera di Arbus–Standard di razza, Rome. Accessed at [http://www.assonapa.com/norme\\_ecc/Indexnorme.htm](http://www.assonapa.com/norme_ecc/Indexnorme.htm).
- Carta, A., Casu, S., and Cappai, P. (2005) Strategie per il recupero di una varietà ancestrale di pecora Sarda: ‘La pecora nera di Arbus’. Proceedings of Giornata di studio sulla biodiversità animale, October 2005, Cagliari, Italy, pp. 6–9.
- Carta, A., De Candia, M., Fois, N., Ledda, A., Ligios, C., Ligios, S., Molle, G., Sanna, S.R., Scala, A., and Casu, S. (2004) Datasheet on Sardinian sheep. In Animal Health and Production Compendium [CD-ROM]. CAB International, Wallingford, UK.
- Cetti, F. (1774) I quadrupedi della Sardegna. In Illisso (Ed.), Storia naturale di Sardegna. Sassari, Italy, p. 452.

# Leicester Longwool sheep in the United States: saving an international rarity

D.P. Sponenberg<sup>1</sup>, J. Henry<sup>2</sup>, K. Smith-Anderson<sup>3</sup> and E. Shirley<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Department of Biosciences and Pathobiology, Virginia–Maryland Regional College of Veterinary Medicine, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia 24061, USA;* <sup>2</sup>*Route 1, Box 1728, Albright, West Virginia 26519, USA;* <sup>3</sup>*Route 1, Box A32d, Bruceton Mills, West Virginia 26525, USA;* <sup>4</sup>*Colonial Williamsburg Foundation, P.O. Box 1776, Williamsburg, Virginia 23187, USA*

## Summary

Leicester Longwool sheep are pivotal in the history of standardised sheep breeds. The breed was imported into the United States in 1990, and it was never imagined as more than a minor sideline to the array of breeds in the United States. Eighteen sheep were originally imported from Tasmania, with further contributions via semen from 12 rams in Australia, New Zealand, and the United Kingdom. In subsequent years the population of this breed in those source countries has plummeted, leaving the United States with the largest national flock (800). The decline in numbers worldwide have made the genetic management of the North American population increasingly important. The wool is sought by handcrafters and brings a premium price. Attention to maintaining the breed with its original fleece characteristics is an important priority, especially given the breed's role in the development of multiple longwool breeds. One divergence of the American flock from the other countries is the registration of coloured animals, and these make up 6% of the current flock.

**Keywords:** *genetic resource, Leicester Longwool sheep*

## Résumé

Les moutons Leicester Longwool sont cruciaux dans l'histoire des races ovines normalisées. La race a été importée aux Etats-Unis en 1990 et n'avait jamais été considérée au départ plus qu'une race mineure parmi les races ovines des Etats-Unis. On a importé au début 18 animaux provenant de la Tasmanie et ensuite le sperme congelé de 12 béliers de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et du Royaume-Uni. Après les importations, les populations de la race dans ces pays ont beaucoup baissé, de façon que le troupeau des Etats-Unis est maintenant le plus grand troupeau national (800) parmi tous les pays ayant cette race. La diminution du nombre des animaux dans le monde a rendu la gestion génétique de la population des Etats-Unis de plus en plus importante. Une des priorités principales est le maintien des caractéristiques originales de la toison, en raison surtout de l'importance de cette race dans le développement de plusieurs races à laine longue. Une différence du troupeau américain par rapport aux troupeaux des autres pays est l'enregistrement des animaux de couleur qui représentent 6% du troupeau courant.

**Mots-clés:** *ressource génétique, mouton Leicester Longwool*

## Resumen

La raza ovina Leicester Longwool es importante en la historia de las razas ovinas de estándar. La raza fue importada a los Estados Unidos en 1990, y originalmente era considerado como una raza muy menor dentro las razas ovinas en los EEUU. La importación original es de 18 cabezas de Tasmania, y luego hubo importaciones de semen congelado de 12 borregos de Australia, Nueva Zelanda y el Reino Unido. Después de estas importaciones los censos de esta raza en esos países han disminuido mucho, de modo que los EEUU ya tiene el rebaño nacional más grande. Esta situación ha hecho el manejo de esta raza en los EEUU muy importante. La lana de la raza es popular con artesanos, y tiene precio muy alto. El manejo de la raza para asegurar la características originales de la lana es una prioridad muy importante, especialmente en la luz del papel de la raza en la fundación de muchas razas de lana larga. Una diferencia entre la raza en los EEUU de los otros países es la registración de animales de color, y estos representan el 6 por ciento del rebaño actual.

**Palabras clave:** *recursos genéticos, Leicester Longwool*

---

Submitted 28 July 2009; accepted 13 October 2009

## Introduction

Leicester Longwool sheep have historical importance not only in their own right but also as a foundational

component to many other breeds (Ryder, 1983; National Sheep Association, 1998). Most notably, these include nearly the entire list of luster longwool sheep breeds, as well as many of the stabilised luster/fine wool composites, with the Corriedale standing out as a prime example. The Leicester Longwool breed has long been used for somewhat limited purebred breeding, the main goal of which is to provide rams for more wide use in cross-breeding.

Correspondence to: D.P. Sponenberg, Department of Biosciences and Pathobiology, Virginia–Maryland Regional College of Veterinary Medicine, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia 24061, USA. email: dpsponen@vt.edu

The breed is used in cross-breeding to provide size and fleece weight to cross-bred daughters which are mated to terminal meat sires for lambs destined for the lamb meat market.

For several reasons, the Leicester Longwool has had a fairly consistent decline in numbers over the last century. One reason is the overall decrease in the numbers of luster longwool sheep of all breeds, because commercial demand for the specialised and unique wool has diminished. Another reason is that, within the overall breed group of luster longwools, the Leicester Longwool has tended to lose its share of activity to the Lincoln (larger, stronger woolled, heavier fleeced and internationally important) as well as the Wensleydale and Teeswater (larger, finer woolled and locally important in the United Kingdom).

The Leicester Longwool has been a viable, if minority, presence in the wool industry of the United Kingdom, Australia, and New Zealand for well over a century. Other populations of the breed have been small and scattered, such as in Denmark and the Czech Republic. The United States had populations of the breed early in the 1900s, but these became extinct by mid-century. The breed was reintroduced in the 1990s (Christman *et al.*, 1997). Breeds such as the Leicester Longwool can be considered as ‘international rarities’ because they are present in a number of countries and there are few of them in each of those countries. Management of this sort of breed for long-term survival can be difficult because of import and export regulations which can make transfers between different countries difficult or impossible, resulting in many small and isolated national flocks. Declining breed census numbers also tend to result in small individual flock sizes within each country, in which selection for maintaining performance levels becomes increasingly difficult.

In the last decade there have been significant declines in the Leicester Longwool throughout most of the countries in which it occurs. Ironically, during this time the numbers in the United States have been increasing. This increase along with the American flock’s broad foundation from several international sources has resulted in the American national flock being an important genetic resource for this historically and biologically important sheep breed.



**Figure 1.** White Leicester Longwool sheep showing the characteristic lock formation.

That status brings with it increased responsibilities for breed survival and maintenance of the traditional genetic structure and phenotype of the breed.

## History of importation

Leicester Longwool sheep were re-imported into the United States in 1990 after an absence of several decades. The original impetus for the importation was mainly for use in display and education in a living history museum at Colonial Williamsburg. The original importation was constrained by import regulations of live sheep, so all sheep came from Tasmania and Australia. The flock consisted of one ram and nine ewes and their five ram lambs and three ewe lambs which were all sired by rams other than the one ram imported with the group. The flocks of origin were from Marengo (two ewes), Melton Vale (five ewes and one ram), Glendhu (one ewe) and Connaughtville (one ewe). There were various interconnections in the pedigrees of the sheep, so that several farms of origin were connected by previous interchange of breeding animals. None of the sheep were closely related, but a few stood out as completely unrelated to give a broad foundation for the breed in the United States.

Importations of frozen semen subsequently became available to breeders in the United States and were undertaken to broaden the genetic base of the breed in the United States. The first importation was in 1998 and included five rams from various stud flocks in New Zealand. Three of the rams were white from the Beechwood, Ravenswood and Riverside studs (Figure 1). Two were coloured from the Chilko and Sussex studs of coloured Leicester sheep, that were derived from stud flock white ewes and rams that were known to carry recessive colour genes (Figure 2).

Semen from the United Kingdom consisted of two white rams in the late 1990s from the Loftus and Parson studs. This importation was followed by a more extensive importation in 2006 of two rams from Australia from Ostler Hill



**Figure 2.** Coloured Leicester Longwool sheep showing variations in the shade of colour.

and Jarob studs and two rams from New Zealand from the Ravenswood and Ebony studs and importation in 2007 of one ram from Tasmania from the Melton Park stud.

Nine breeders have actively used the semen in breeding programs, and the progeny have been made widely available to other breeders throughout the United States. The breeder most actively using artificial insemination has been able to produce 18 ram and 14 ewe lambs from artificial insemination from 7 different sires. Each of the sires has produced lambs for the American breeders, so all are now represented in the national flock.

As a result of the importation of sheep and semen, the Leicester Longwool in the United States now derives from foundation stock in Australia (both Tasmania and mainland), New Zealand and the United Kingdom. Biosecurity regulations make semen importation more routine from Australia and New Zealand (that are both free of scrapie) and more difficult from the United Kingdom. Scrapie, and the additional threat of foot and mouth disease, make importation from Denmark or the Czech Republic untenable at this time.

The breed association in the United States recognizes and registers coloured purebred sheep, in contrast to the procedures in Australia, New Zealand and the United Kingdom where such sheep are not considered to meet the breed standard. This difference in philosophy is subtle and stems from the breed's important historic widespread use for producing both purebred and cross-bred sheep whose fleeces would meet market requirements for white wool. In the United States it was appreciated that this historic role was unlikely to be recaptured, and the current role of the breed as a producer of high-value fiber for hand-craft and local use was served by coloured as well as white sheep. In the United States the coloured sheep are recognised as offering genetic breadth to the breed by virtue of enhancing breed census numbers beyond those possible with only white sheep. Allowing coloured sheep to participate fully in the breed means that the coloured portion of the national flock did not become a blind alley genetically, as an offshoot of the white flock but with no reciprocity in the direction from coloured breeding back into the white flock.

## Genetic management

The genetic management of the breed in the United States has been seen as very important from the initial importation up to the present time. Selection to assure trueness to breed type has always been undertaken by encouragement of sheep culling by breeders to assure that the breed type and performance are maintained. In addition, decisions have been made to assure that none of the foundation influences drifts to extinction and that rare bloodlines are closely monitored to assure their survival and dissemination in multiple flocks (Sponenberg and Christman, 1995).

A few individual sheep in the original importation were from rare bloodlines, especially the single Glendhu

foundation ewe. In her case she was mated back to her own sons twice, and the result in both instances was ram lambs along with one ewe lamb. The ram lambs, that had 75% of her genetic influence, were then used more widely in other flocks to assure that this genetic material was disseminated throughout the breed more widely than if the genetic material stayed only in the original ewe.

The history of registrations in the United States over the last decade is delineated in Table 1. The slow but upward trend is consistent with the relatively recent importation of the breed into the United States. The final population level that the breed will attain is uncertain. In the United States, as elsewhere, the luster longwool breeds each compete with one another for breeders and farms, because sheep producers interested in this type of wool and carcass tend to focus on one or the other of the breeds in this breed group. Originally this competition was between Lincoln, Cotswold and Leicester Longwools. The Leicester tends to have somewhat finer wool than the other two breeds, and therefore it found a reasonably secure niche in specialist wool production. The recent importation of Wensleydale and Teeswater semen into the United States from the United Kingdom has changed this situation somewhat, so that producers interested in the finer end of the luster longwool fleeces now have choices among these two breeds and the Leicester Longwool. Exactly how that will affect the prospects for the breed's future is uncertain.

International rarities such as the Leicester Longwool present several challenges for effective conservation. One of these is the transfer of genetic material between different countries. In the specific case of the Leicester Longwool, semen and sheep only move between certain pairs of countries and only in certain directions. All countries will accept sheep and semen from New Zealand. Sheep from Australia meet with slightly more restrictions, but they are still fairly easy for importers of most countries. Restrictions, at times stringent, are in place for semen from the United Kingdom to the United States; such imports are generally impossible to Australia or New Zealand. Live sheep from the United Kingdom meet with even stiffer requirements, such that export of live sheep is

**Table 1.** Per year American registrations of Leicester Longwool sheep over the last decade.

Year	Registrations		
	Rams	Ewes	Total
1999	13	29	42
2000	22	42	64
2001	21	67	88
2002	24	50	74
2003	20	72	92
2004	28	85	113
2005	23	79	102
2006	33	72	105
2007	42	80	122
2008	29	88	117
Total	255	664	919

only occasionally an option for transfer of genetic material. Sheep from Europe meet with severe restrictions to the United States, United Kingdom, Australia and New Zealand to the extent that these populations do not serve as effective reciprocal reservoirs for the international breed.

Likewise, sheep from the United States meet with restrictions to the extent that the United States is generally a 'one way street' for the breed in the sense that sheep can come into the country but rarely if ever leave to contribute to international genetic exchanges. However, because the United States has assembled a breed foundation from Australia, New Zealand and the United Kingdom, it does have a unique role in having a useful composite of all of these influences.

Although some limited introduction of sheep into the United Kingdom from New Zealand and Australia has occurred, it generally serves as an isolated gene pool of the breed. The national flocks of Australia and New Zealand are somewhat more interconnected, but each does serve as a reasonably isolated genetic population of the breed. Import from the United States, United Kingdom, or Europe is restrictive to the point of impracticality, especially for a rare breed of questionable future mainstream commercial contributions.

### Present situation

In the United States there are currently about 50 active breeders of Leicester Longwool sheep. These are located in 25 states throughout the nation. A concentration of breeders remains in the mid-Atlantic states, that is a reflection of the history of importation by Colonial Williamsburg and its location in Virginia. Flock size is generally small, with the three largest flocks each having 49, 35, and 32 ewes. In 2009 the breed included about 250 rams and 550 ewes (800 total). About 50 of these are coloured rather than white, that is about 6% of the national flock.

International census data are important, but they are difficult to get. The breed has experienced declining numbers internationally, so the situation in the breed could become dire very quickly unless monitored closely. Australia had 500 ewes in 2004 and 466 in 2009, that is relatively stable but at low numbers. The United Kingdom had 420 ewes in 2000 and about the same number in 2009. In 2008 the Czech Republic reported only 3 rams and 15 ewes. Denmark reported 60 rams and 524 purebred ewes in 1997, and more recent figures are not available. Figures from New Zealand are unavailable, but there are currently 13 breeders in New Zealand, implying a low census.

### Breed description

Leicester sheep are highly desirable for production in temperate and relatively benign lowland conditions. The ewes weigh about 85 kg and the rams about 110 kg. The skin is usually pigmented, although the wool and hair are white. The presence

of short facial hair over pigmented skin usually gives the ears and face a bluish appearance. The sheep are deep, broad and square. Lambing percentages are usually 120–150%.

Breeders have access to the breed standard through the breeders' association. In addition, periodic 'card grading' sessions are organised at larger sheep exhibitions. In this endeavour, each sheep is individually evaluated according to the breed standard by three experienced judges. This is followed by oral reasoning for the decision, that makes the evaluation an educational venue for the breeders and others interested in the breed.

### Fiber production and use

Leicester fleeces are ideally uniform over the entire animal, with some tendency to stronger wool on the posterior aspect of the rear limb (britch). Fiber diameter is usually 32 to 38  $\mu\text{m}$ . Annual staple length is 13 to 35 cm. The wool is bright and lustrous and has a silky, smooth handle. Most fleeces have a loose, open, wavy crimp. Fleece weights vary from 3 to 10 kg. Coloured animals are accepted into the flockbook in the United States, and these vary from nearly black (that is rare) through various shades of dark and light grey. Coloured animals are accepted, but white animals with coloured spots are denied registration because of concerns that the genetic mechanism for these could easily contaminate otherwise white fleeces (Sponenberg, 1997). Coloured sheep currently make up about 6% of the national flock.

The wool is generally sold and used outside of mainstream commercial channels. It is a highly specialised wool produced in relatively low amounts, and the result is that the mainstream industrial channels for bulk wool in the United States offer a very low price to producers. Various handcraft users highly favour this wool though, and the wool brings a premium price for this market. One consistent use has been for the hair of handmade dolls, that is a surprisingly large premium market in the United States. Leicester wool is nearly ideal for this use because of the length, crimp character, luster and the ease with which it is dyed. Leicester wool is also eagerly sought by handspinners and handweavers. These two major markets (dollmakers and textile artisans) are sufficiently strong to assure premium prices for all Leicester fleeces except those few that have significant faults through management or accident. Fleece prices of US \$30/kg are possible, with some longer, finer fleeces bringing even more.

It is fairly common for rare breed conservation in the United States to involve unique local or landrace breeds, that each tend to have a local or traditional product. However, no such tradition of local production and use exists for the Leicester Longwool. The upscale handcraft market still provides a niche for this breed and its product, to the extent that its status is reasonably secure. A recent educational effort aimed at handspinners and handweavers emphasised the importance of craftspeople using purebred wools in their crafts



to assure that the economics of raising pure, rare breeds remains viable (Sponenberg and Bixby, 2000).

## References

- Christman, C.J., Sponenberg, D.P., and Bixby, D.E.** (1997) *A Rare Breeds Album of American Livestock*. The American Livestock Breeds Conservancy, Pittsboro, NC, USA.
- National Sheep Association** (1998). *British Sheep* (9th ed.). National Sheep Association, Malvern, UK.
- Ryder, M.L.** (1983) *Sheep and Man*. Duckworth, London, UK.
- Sponenberg, D.P.** (1997) Genetics of colour and hair texture. In L. Piper and A. Ruvinsky (Eds.), *The Genetics of Sheep*. CAB International, Wallingford, UK.
- Sponenberg, D.P., and Bixby, D.E.** (2000) Rare sheep breeds, how they got that way, and why it matters. In *Handspun Treasures from Rare Wools*. Interweave Press, Loveland, CO, USA, pp. 14–18.
- Sponenberg, D.P., and Christman, C.J.** (1995) *A Conservation Breeding Handbook*. American Livestock Breeds Conservancy, Pittsboro, NC, USA.



# Navajo-Churro sheep and wool in the United States

D.P. Sponenberg<sup>1</sup> and C. Taylor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Biosciences and Pathobiology, Virginia–Maryland Regional College of Veterinary Medicine, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia 24061, USA;* <sup>2</sup>*Navajo-Churro Sheep Association, P.O. Box 135, Hoehne, Colorado 81046, USA*

## Summary

Navajo-Churro sheep have been part of the subsistence of three cultures in the Southwest of the United States for over 400 years. These cultures include Navajo (a Native American nation), Hispanic and Anglo. The Navajo-Churro breed nearly became extinct in the 1950s to 1970s, but farsighted conservation programmes were then begun which involved all three cultures in saving this unique breed. Navajo-Churro sheep are a distinctive double-coated Criollo breed. The fleece type is superbly suited to the textiles produced in the local region and which are famous throughout the United States for their unique qualities and cultural relevance. A registry system involving ongoing inspection of each generation assures that the type remains traditional. Census numbers are now close to 3000 head as the breed moves beyond its original homeland to become more widely established throughout the United States.

**Keywords:** *Navajo-Churro, sheep, textile, wool*

## Résumé

Pour plus de 400 ans, les moutons Navajo-Churro ont contribué à la subsistance de trois cultures du sud-ouest des Etats-Unis d'Amérique. Ces cultures sont la Navajo (une nation amérindienne), l'hispanique et l'anglo-américaine. Entre les années 50 et 70, la race Navajo-Churro a presque disparu, mais au cours de ces années, des programmes prévoyants de conservation impliquant les trois cultures ont été lancés pour sauver cette race unique. Le mouton Navajo-Churra est une race distincte Criollo, avec une double toison de poil et de laine. Ce type de toison est idéal pour la production des textiles de cette région, qui sont célèbres partout aux Etats-Unis pour leurs qualités uniques et leur intérêt culturel. Un régime d'enregistrement prévoyant les inspections continues de chaque génération assure le maintien du phénotype traditionnel. Les recensements indiquent que les animaux sont maintenant presque 3000 et que la race se répand au-delà de son territoire d'origine et s'établit un peu partout aux Etats-Unis.

**Mots-clés:** *Navajo-Churro, mouton, textile, laine*

## Resumen

Los ovinos Navajo-Churro han contribuido a la subsistencia de tres culturas en el suroeste de los Estados Unidos por casi 400 años. Estas culturas incluyen Navajo (indígena), Hispánica, y Angla. La raza Navajo-Churro casi se extingue entre 1950 y 1970, pero en esos años empezaron varios programas de conservación que salvaron a esta raza única con el esfuerzo de las tres culturas. La Navajo-Churro es una raza criolla distinta, con un vellón de pelo y lana. Este tipo de vellón es muy bueno para la producción de tejidos regionales los cuales son famosos en los EEUU por sus cualidades únicas y su pertinencia cultural. Un sistema de registros incluye inspecciones de cada generación ovina para asegurar que el fenotipo tradicional se mantenga. Los censos de la raza indican que ya hay 3000 animales y que la raza ya se está criando fuera de su terreno original.

**Palabras clave:** *Navajo-Churro, ovino, textil, lana*

---

Submitted 28 July 2009; accepted 13 October 2009

## Introduction

European livestock, including sheep, came to the Americas in 1494 when Spain established colonies in the Caribbean. Colonisation expanded to include Nueva España, currently the Southwest of the United States, and sheep were introduced here in 1598. Spanish ranches subsequently

prospered in Texas, New Mexico and Arizona, with flocks numbering in the thousands (Christman *et al.*, 1997).

Navajos who lived on the edge of Spanish occupation initially acquired a few sheep and horses by trading and raiding. Following the turmoil of 1680 during the Pueblo Revolt, both the Pueblos and Navajos acquired many sheep. The Navajos expanded their flocks, becoming famed for their herds and their abilities as shepherds. Sheep became a defining element of Navajo culture to the extent that even today the Navajo hold the core belief that 'sheep is life'.

Correspondence to: D.P. Sponenberg, Department of Biosciences and Pathobiology, Virginia–Maryland Regional College of Veterinary Medicine, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia 24061, USA. email: dpsponen@vt.edu

Navajo flocks grew to 574 821 sheep by 1930. The large number of sheep, goats, horses and cattle became problematic because of the severe drought conditions of the 1930s. As a result, the US government conducted a stock reduction programme. Reduction by purchase progressed so slowly that eventually about 30% of each household's sheep, goats and horses were slaughtered by government agents and were then thrown into arroyos or burned. This terrifying stock reduction is still vivid in Navajo memory (Bailey, 1980).

At the same time, demand increased for fine wool in the American textile industry and the local landrace churros were increasingly 'graded up' by crossing with Merino and English longwools. A few traditional churros remained in remote Hispanic villages, among isolated Navajos and on the West Coast. These isolated flocks eventually formed the landrace sheep breed Navajo-Churro, that was named to recognize both the Spanish and Navajo influences that were so important in forming and maintaining the breed.

In 1934 the US Department of Agriculture established the Southwestern Sheep Breeding Laboratory to determine which sheep breeds might thrive in that region. They assembled some 'original old-type' Navajo sheep from local flocks, and for 30 years introduced fine wool breeds and long wool breeds both as pure breeds and as crosses with the local landrace sheep. They ultimately concluded that the best wool for the traditional weavers and the sheep most suitable for the high desert was the old-type landrace churro sheep, although this translated only poorly into efforts to save this breed (Blunn, 1943).

By 1977 the old-type Navajo sheep had dwindled to fewer than 500 head, so Dr. Lyle McNeal formed the Navajo Sheep Project to revitalize the breed. The Navajo-Churro Sheep Association was formed in 1986 through the efforts of individual breeders and with the assistance of nongovernmental organisations including the CS Fund, the American Livestock Breeds Conservancy and Ganados del Valle. Over 5000 sheep have been registered with the Navajo-Churro Sheep Association; an estimated 1500 unregistered sheep remain in traditional flocks on the Navajo Reservation, as well as several hundred undocumented sheep throughout the United States, Canada and Mexico.

The Navajo-Churro Sheep Association developed breed standards for conformation and wool by using historic records, oral descriptions from Navajo Elders, current sheep in Spain and research from the United States Department of Agriculture project. These included objective measurements and samplers woven to subjectively compare wool quality. Sheep from the remnant flocks of the Southwest and West Coast were evaluated and those which were typical were identified as Navajo-Churro. These sheep became the nucleus breeding pool. The Navajo Sheep Project targeted educational programmes to increase awareness of the breed throughout its original area of distribution.



Figure 1. A four-horned Navajo-Churro ram.

## Geography and climate

The region in which the Navajo-Churro was developed and continues to thrive is an extensive area where Colorado, Utah, Arizona and New Mexico share borders in the Southwest of the United States. This area is mostly high desert with cold dry winters and hot dry summers. A few higher elevation areas receive more rainfall than the lower areas, and these areas support pinion and pine forest.

## Breed description

The Navajo-Churro sheep is a small sheep with a long thin tail. The weight of the ewes ranges from 40 to 60 kg and the rams from 55 to 85 kg. The sheep have a double coat of fine under-wool (80% of total fleece weight) and coarse outer hair (20% of total fleece weight). The locks are long, tapered and open. The legs and faces of adults lack wool. The ears are usually medium sized and broad, with no evidence of drooping. A few animals have small vestigial ears as a consequence of a single dominant gene. Navajo-Churro sheep have a very strong flocking

Table 1. Frequency of different horn types in Navajo-Churro sheep registered in 1988, 1999, and 2008.

Sex/horn type	1988	1999	2008
Rams			
Polled	1%	5%	5%
Scurred	23%	0%	0%
2 Horns	38%	67%	65%
4 Horns	38%	28%	30%
Ewes			
Polled	68%	64%	66%
Scurred	9%	11%	12%
2 Horns	13%	19%	19%
4 Horns	6%	5%	3%

Note: The numbers are the percentages of the total of that sex registered that year.

instinct and are intelligent. The sheep are generally long lived and are productive up to 15 years in some cases.

Horn character varies in the breed. Ewes are usually polled, although a substantial number have two horns and a small minority have four or more. Rams are rarely polled and most commonly have two horns, with a substantial number having four horns or more (Figure 1). It can be appreciated from Table 1 that the relative frequency of four horns is greater in rams than in ewes, suggesting that several breeders are actively selecting rams with this trait. In addition, it can be seen that selection has acted against scurred rams in the years following the first establishment of the registration and inspection procedures. The breeders tend to value variation in the breed, so that rare variants, including polled rams, are kept at sufficiently levels within the breed to prevent their extinction.

Lambing averages about 1.4 lambs per ewe per year in those flocks that are mated once per year. Most Navajo-Churro sheep are non-seasonal breeders, so two lamb crops per year are likely if rams are left with ewes year round. In such systems the fecundity per lambing can be somewhat lower, but the overall productivity per ewe increases because of the additional parturitions. Ewes seldom require assistance of any kind at lambing. Both ewe and lamb bond quickly, and the lamb usually suckles within 5–10 min of birth and is ready to travel with the dam within that same short time.

## Fleece

The fleece consists of both fine wool and longer, medullated hair. The locks are open and tapered with no defined crimp pattern. Fleeces weigh from 1.8 to 3.6 kg and yield 67–72% of clean wool. The outer coat of hair can range from 150 to 300 mm long while the wool inner coat is typically 75–150 mm long. Many breeders shear twice per year to avoid fibres that are too long for most commercial wool processing mills, although this is less of a concern for fleeces used for handcrafting.

The fibre diameter has an extreme range because of the dual-coat type of fleece. The fine wool fibres vary from 18 to 30  $\mu\text{m}$ , whereas the hairy fibres vary from 30 to 47  $\mu\text{m}$ . It is common for kemp fibres to compose 2–5% of the fleece, and these can be up to 60- $\mu\text{m}$  diameter. Because of fibre migration, the fleece can felt and be ruined if not shorn before hot summer weather.

Wool colour is variable as shown in Table 2. Most of the identified colour patterns at the *Agouti* locus occur in the breed (Adalsteinsson, 1970; Sponenberg, 1997). Navajo-Churro sheep can be solid black or brown colour as a result of either  $A^a$  *nonagouti* and  $E^D$  *dominant black*, so genetic colour identification is not always straightforward and documenting the genotypes of individual sheep can be difficult. The estimated colour

**Table 2.** Frequency of different colours in registered Navajo-Churro sheep for 1986–1988 (beginning of registry, 373 sheep), 1989–1998 (1952 sheep) and 1999–2008 (3603 sheep).

Colour	1986–1988	1989–1998	1999–2008
White	45%	27%	25%
White and tan	4%	6%	11%
Black	22%	30%	24%
Brown	1%	15%	13%
Dark brown	2%	2%	1%
Grey	12%	4%	2%
Grey and tan	2%	0%	3%
Blue	<1%	<1%	3%
Badgerface	3%	10%	9%
Black and tan	1%	2%	5%
Spots	3%	3%	3%
Multi-coloured	4%	1%	1%

percentages are based on the visible (rather than genetic) classification of colour of registered sheep (Figure 2). White and grey sheep can be born displaying much tan and red phaeomelanin, and these are separated for reporting but are considered part of the *white* and *grey* genotype. The badgerface, as well as the black and tan, totals include black, brown and grey versions of these patterns. The blue coloured sheep figure includes both the *English blue* at the *Agouti* locus and a different blue grey colour that originated in Navajo Sheep Project sheep. ‘Navajo Sheep Project blue’ is uncharacterized genetically, although certainly not at the *Agouti* locus because it occurs on animals with the *dominant black* allele. It is a distinctive blue grey colour with high luster.

A trend for reduction of the proportion of white sheep in the registered population has occurred over time. Up to 1988 about 45% of the registered sheep were white or white and tan. In the decade ending in 2008 only 26% were white or white and tan. In 2003 the Navajo Sheep Project flocks were dispersed among the Navajos, and at that time several sheep in Navajo flocks were registered. Among 327 sheep registered, 54% were white. Non-Navajo sheep registrations for that year included only 29% white, indicating a difference in colour selection



**Figure 2.** A traditional Navajo sheep show with various colours of sheep.



**Figure 3.** Althea Theresa Johns, a young weaver, with a traditional Navajo rug that she handwove from natural coloured Navajo-Churro yarns.

based on the cultural affiliation of the breeder. Likewise, black and brown colours are increasing in frequency. A non-quantified impression from local wool buyers is that white and black or grey sheep are more common on the Navajo reservation, including non-registered sheep whose fleeces are indistinguishable from those of registered sheep and are sold along with them.

### Handcraft use

Low grease content and open locks make hand processing of Navajo-Churro wool easy. This is important in the desert homeland of these sheep, as it conserves water. More than 14 natural colours offer weavers an extensive choice for highly desired naturally coloured handwoven rugs with intricate traditional patterns (Figure 3). Natural colours vary from black through blue greys to white, and from dark chocolate brown through rich medium browns and fawn to white. Contemporary weavers and knitters value this wool because it is durable and nonpilling without being harsh handling.

Navajo and Hispanic weavers have used Navajo-Churro wool for over 400 years, producing rugs and blankets for utility, collectors and museums. The wool has a relatively coarse grade but is soft handling, especially in lamb's fleeces. The traditional textiles have seen a large upsurge in value as the products have gained recognition as uniquely representing a combination of culture, technique and animal genetic resource. This is especially true of Navajo rugs of traditional designs that are woven with naturally coloured wools.

### Current situation

In 1986 the Navajo-Churro Sheep Association began registering Navajo-Churro based on the phenotypic standard which was developed through historic investigation and

traditional expertise. Even though standards are used, they allow for variability in a deliberate attempt to maintain diversity within this landrace population. Each sheep registered must be approved either by on-site inspection or by mail-in photos and fleece samples. All progeny must be inspected for registration, even if parents are registered. All inspectors have competence in both sheep and wool. Inspectors include university professors and long-term breeders, including Anglos, Hispanics and Navajos so that each community is served.

The flockbook remains open to conforming sheep that lack pedigree information in order to continually include sheep from traditional, unregistered flocks which formed the original foundation of the breed. Likewise, sheep with pedigrees of registered stock are denied registration if they themselves deviate from the traditional breed type. In past years only about 3.5% of sheep submitted for mail-in inspection have been denied registration. This low figure indicates a good level of education among breeders concerning breed type and the goals of the association, such that nonconforming sheep are not presented for inspection and registration. The percentage of sheep rejected after on-site inspection is not recorded. However, it is likely similar to or lower than the figure for mail-in inspections because most of these inspections are in traditional communities where the main circumstance is a tendency to not register all sheep that conform, rather than the opposite situation of trying to register sheep that do not conform.

Inbreeding is not a problem except in a few flocks. Committed breeders pay attention to the genetic structure of the breed and share expenses for the transportation of stock around the country. In 2004 the average inbreeding level for the population was 3.8% in three generations and was increasing slowly. A few flocks had inbreeding levels of 10.5% (Maiwashe and Blackburn, 2004). Breeders often refer to *A Conservation Breeding Handbook* and other resources from the American Livestock Breeds Conservancy for advice on sound breeding schemes for small populations (Sponenberg and Christman, 1995).

The breed is currently showing a slow increase in numbers. Many sheep persist in traditional flocks, as well as flocks away from the traditional homeland of the breed. The traditional systems include both Navajo and Hispanic communities of the Southwest in which the sheep have been used for 400 years for wool and meat production.

In Navajo culture the sheep also serve ceremonial purposes, and sheep with four horns are traditionally thought to have more power. Their meat is therefore sought after for use in traditional healing ceremonies. Such sheep are especially powerful if they have been eating specific desert flowers and herbs before slaughter and ceremonial use.

Superimposed over the traditional systems are an increasing number of breeders who raise and use the breed away from its original area. These breeders have historically been the

most likely to use the registry, because the registry serves to keep people informed of breed developments as well as providing important documentation about the legitimacy of breeding stock raised outside of the original home of the breed. The photographic and fleece evaluation assures that breeders from all geographic areas can participate equally in the breed registry, while also assuring trueness and continuity of breed type.

In recent years increasing numbers of traditional Navajo and Hispanic breeders have been registering sheep. In the last few years 400 sheep have been registered by the Navajos, and a number of Navajo-speaking inspectors have been added by the association to help facilitate registration of sheep on the Navajo Reservation. This has been at the request of the Navajo breeders and signals an interest in participation in the registry and association work of the breed. Roughly 20% of the sheep in Navajo flocks are registered (400 of about 2000).

In the traditional Hispanic community some of the breeders with larger flocks participate in the association. About 20% of the sheep in Hispanic flocks are registered (100 are registered of a total of about 500), but the total number of sheep is much lower than in Navajo flocks.

## Production systems

The use of the breed involves several different communities, and each has unique aspects. The traditional Navajo flocks are increasing, and within the Navajo nation there is heightened awareness of the heritage and importance of this breed of sheep. Programmes to reintroduce traditional sheep have been successful. Tales of elderly shepherdesses tearfully and joyfully receiving traditional type sheep back into their flocks after years of absence point to the importance and resonance that these sheep have with Navajo culture. These sheep are used for subsistence meat production, as well as providing wool for traditional weaving. They are very extensively managed in subsistence situations. The Navajo value their sheep highly, and the sheep are a source of cultural identity for many Navajo.

Within the Hispanic community the sheep are also more secure than in previous decades. A few key breeders keep large flocks, and efforts to promote the traditional wool and meat from this breed have made it possible for these flocks to be economically viable. Meat from these flocks tends to enter commercial channels, while wool is usually used locally and then is marketed as finished textile products with local character and high demand. The flocks of the Hispanic community tend to be large and are raised extensively. Commercial exploitation through marketing channels is more common in this group than in the traditional Navajo community.

Outside of these two traditional communities are the more mainstream, generally Anglo-American flocks. These

flocks have a tendency to be smaller than the other two, but their high number and participation in the Association and registry of sheep make these important for the genetic management of the breed. These flocks closely monitor colour variation and wool characteristics, as well as horn configuration. Exchange of sheep among all of the types of flocks assures that the breed continues to function as a single unit. The meat of these sheep is usually sold in local markets, but the wool is valued for handcraft use throughout the United States.

## Social and economic aspects

The Navajo-Churro sheep breed is closely identified as a traditional and highly valued resource for the Navajo community. The resurgence of breed numbers and quality has been a great aid in recapturing certain aspects of traditional Navajo textiles. Although overall Navajo textile production was never diminished, an increase in the availability of the traditional wool (ideal for Navajo rug production) and the enhanced range of natural colours have met with increased production of the style of rugs based on them. The traditional rugs based on the wool of Navajo-Churro sheep meet with a brisk demand that is enhanced by their link to traditional Navajo ways of life and traditional resources.

The Navajo have also formed cultural networks based around the production and exchange of traditional sheep. Among these is the 'Sheep is Life' celebration that occurs annually in the Navajo nation and celebrates the sheep, their production and their use. This celebration includes traditional foods and procedures, as well as storytelling which is an important part of Navajo culture and relates very heavily to their keeping of sheep. The social networks and the celebrations all serve to more clearly define the Navajo relationship to the Navajo-Churro breed, with the result of assuring the breed's appreciation and continuity. An indication of the centrality of the sheep to Navajo culture is the requirement that candidates for the title of Miss Navajo Nation be able to kill a sheep quickly and with dignity. The killing of sheep for food is seen as integral to Navajo identity.

Hispanic cooperatives geared at traditional sheep and wool production have also met with success. These have raised awareness and acceptance of the traditional sheep and have enhanced the dedication to this breed resource by the Hispanic community. This is in a geographic region of increasing economic growth and land development, so that the traditional systems are threatened by rising land prices and increased numbers of immigrants to the area that do not share the values or history of this traditional community. Marketing and promotion of traditional products in cities throughout the region have raised awareness of the importance of local resources and traditions and have helped to provide some support for the survival of

the traditional Hispanic community and its use of the Navajo-Churro sheep.

The use of traditional Navajo-Churro wool has resulted in an ongoing market for this wool. This has led to around 5000 kg of the wool going through commercial processing for each of the last 15 years. This is spun into yarn, that is then used for handweaving. To this amount must be added the wool that is handspun for use in knitting or handweaving. Although that figure is likely less than the amount being commercially spun, it tends to result in elite products at the high end of the price structure for these products. This results in increased return to producers involved in that aspect of the production.

### Current developments

Slow Food, an international group dedicated to preserving traditional heritage breed foods with exceptional taste, has recognized the Navajo-Churro for its delicate flavor. Sheep can be butchered at any age, but lamb from 6 months to nearly a year is considered optimum. At 8 to 9 months the hanging carcass weight is generally 20–25 kg. Slow Food has done a preliminary taste test of older ram carcasses and found that 12-, 18- and 24-month rams all provide carcasses with high quality and flavorful meat. The relative lack of intramuscular fat in this breed may contribute to the longevity of good flavor in the carcasses, avoiding ‘muttony’ flavor which detracts from the consumption of meat from older animals of most breeds of sheep.

Genotyping has not been done on large numbers of Navajo-Churro, but recent data indicate a higher percentage of RR genotypes at Codon 171 than for commercial breeds. Because the Navajo-Churro breed is classified as a rare breed, the United States Department of Agriculture has begun collecting germplasm from Navajo-Churro rams to cryopreserve in the National Seed Bank. Collection is being done in collaboration with the American Livestock Breeds Conservancy and the National Animal Germplasm programme. This effort targets rams from the traditional flocks.

Because the Navajo Churro is so colourful, so adaptable and produces superb carpet wool, the limited population is highly prized by US sheep breeders and by artisans. The yarn is extremely durable for use in rugs, saddle blankets, carrying bags and outer garments. Some businesses and traders have now adopted the Churro as a name brand identifier for high quality weavings made with Navajo-Churro wool. This includes the Hispanic weaving cooperative Tierra Wools, as well as two traders working with the Navajo weavers. Pendleton Mills, a large commercial mill, collaborated with Black Mesa Weavers for Life and Land and has been able to buy and spin sufficient Navajo-Churro wool to offer limited runs of commercially produced textiles with traditional patterns.

A recent book highlighting the use of purebred wools for handcraft has helped to raise the demand for Navajo-Churro and other purebred wools by spinners and weavers outside of the original region for the breed. The link of demand for purebred products and breed survival has been brought to a wide audience, helping to assure a secure economic base for breeders providing the wool from purebred sheep (Sponenberg and Bixby, 2002).

### Organisations

One of the most important organisations promoting the breed and monitoring its population and structure is the Navajo-Churro Sheep Association. The association has very effectively solved problems which arise in the conservation of landraces which come from traditional communities which survive outside of the mainstream culture of herdbooks and breed associations. The inclusiveness of the association and the mechanisms which they have developed for including sheep from the traditional systems as well as those which have moved into other, more mainstream, systems is of great value in serving as a model for landrace conservation in the United States. The success of this is reflected in that 60% of the 200 sheep registered in 2008 were from traditional Navajo flocks on the reservation. With a registered population hovering around 1500, the Navajo-Churro has endured a close call with extinction. The total figure of all sheep of this breed is roughly twice the number of registered sheep.

The Navajo-Churro Sheep Association is run by a board of directors. There are between five and nine directors, depending on the needs of the association. The bylaws require that at least one of the directors is Navajo and one is Hispanic. This assures that the various communities involved with the sheep are all involved in the association and its decisions. Each of the three major communities involved with the sheep (Navajo, Hispanic and Anglo) tend to organize and offer different efforts for the breed and invite the other communities to participate. This varies from more economically based promotional efforts to more culturally based efforts such as celebrations involving food, traditional storytelling and other cultural expressions related to the sheep and their keeping.

Local groups with roots in the traditional communities are actively involved in promoting the sheep and its wool. Currently two Navajo organisations, Sheep is Life and Black Mesa Weavers for Life and Land, are encouraging events that focus on the old-type sheep. Tierra Wools, a Hispanic weaving business owned in common, has successfully featured Churro wool for over 20 years. The sheep is culturally and economically vital in these groups.

### References

- Adalsteinsson, S. (1970) Colour inheritance in Icelandic sheep and relation between colour, fertility, and fertilization. *Journal of Agricultural Resources in Iceland* 2(1), 3–135.



- Bailey, L.R.** (1980) *If You Take My Sheep... The Evolution and Conflicts of Navajo Pastoralism 1630–1868*. Westernlore Publications, Pasadena, CA, USA.
- Blunn, C.T.** (1943) Characteristics and production of old-type Navajo sheep. *Journal of Heredity* 34, 141–152.
- Christman, C.J., Sponenberg, D.P., and Bixby, D.E.** (1997) *A Rare Breeds Album of American Livestock*. The American Livestock Breeds Conservancy, Pittsboro, NC, USA.
- Maiwashe, A.N., and Blackburn, H.D.** (2004) Genetic diversity in and conservation strategy considerations for Navajo Churro sheep. *Journal of Animal Science* 82, 2900–2905.
- Sponenberg, D.P.** (1997) Genetics of colour and hair texture. In L. Piper and A. Ruvinsky (Eds.), *The Genetics of Sheep*. CAB International, Wallingford, UK.
- Sponenberg, D.P., and Bixby, D.E.** (2002) Rare sheep breeds: How they got that way, and why it matters. In D. Robson (Ed.), *Handspun Treasures from Rare Wools: Collected Works from the Save the Sheep Exhibit*. Interweave Press, Loveland, CO, USA, pp. 14–18.
- Sponenberg, D.P., and Christman, C.J.** (1995) *A Conservation Breeding Handbook*. American Livestock Breeds Conservancy, Pittsboro, NC, USA.



# Chromosomal segments underlying quantitative trait loci for mohair production in Angora goats

E.M. Cano<sup>1</sup>, S. Debenedetti<sup>2</sup>, M. Abad<sup>2</sup>, D. Allain<sup>3</sup>, H.R. Taddeo<sup>2</sup> and M.A. Poli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INTA, Instituto de Genética 'Ewald A. Favret', CICVyA, cc 25, B1712WAA-Castelar-Buenos Aires, Argentina; <sup>2</sup>INTA, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, cc 277, S.C. Bariloche, 8400, Río Negro, Argentina; <sup>3</sup>INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP27, 31326 Castanet Tolosan, France

## Summary

This study reports the results obtained in the search of chromosomal regions affecting fleece traits in a population of Angora goats in the Argentinean Patagonia. Six hundred thirty-four offspring from 14 parental half-sib families were used. Nine phenotypic fleece traits were recorded at 4 and 11 months of age. A genome examination using 85 informative molecular markers was conducted. A linkage analysis was performed using a regression interval analysis. Our study identified 10 genomic regions affecting the average fibre diameter, coefficient of variation of the average fibre diameter, percentage of fibres with diameters over 30 µm, greasy fleece weight, staple length, average curvature of fibres, percentage of continuous medullated fibres and percentage of kemp fibres located on five goat chromosomes (1, 2, 5, 13 and 19). These results show that the average size of the quantitative trait loci effect was 1.6 phenotypic standard deviations for different traits and families. The aims of quantitative trait loci detection is the potential use of these molecular markers to increase accuracy in predicting the genetic merit of breeding and its implementation in animal breeding schemes through marker-assisted selection.

**Keywords:** *Angora goats, mohair, quantitative trait loci*

## Résumé

Dans cette étude, on signale les résultats obtenus dans la recherche des régions chromosomiques relatives aux caractéristiques de la toison des chèvres angora dans la Patagonie argentine. On a utilisé 634 descendants de 14 familles à descendance uniparentale et enregistré neuf caractères phénotypiques de la toison à 4 et 11 mois. Un examen du génome a été entrepris en utilisant 85 marqueurs moléculaires informatifs. L'analyse du groupe de liaison a été effectuée en utilisant une analyse de l'intervalle de régression. Notre étude a identifié 10 régions génomiques qui affectent le diamètre moyen de la fibre, le coefficient de variation du diamètre moyen de la fibre, le pourcentage de fibre ayant un diamètre supérieur à 30 µm, le poids de la laine en suint, la longueur de la fibre, la courbure moyenne de la fibre, le pourcentage de fibres médullaires continues et le pourcentage de fibre de jarre située sur cinq chromosomes de chèvre (1, 2, 5, 13 et 19). Ces résultats indiquent que la taille moyenne de l'effet QTL était des déviations phénotypiques standard de 1,6 pour les différents caractères et familles. Le but de la détection des QTL est l'utilisation potentielle de ces marqueurs moléculaires en vue d'accroître la précision dans la prévision de la valeur génétique de la sélection et sa mise en œuvre dans les programmes de sélection animale par le biais de la sélection assistée par marqueurs.

**Mots-clés:** *chèvres Angora, mohair, loci à effets quantitatifs*

## Resumen

En este estudio, informamos sobre los resultados obtenidos en la búsqueda de regiones cromosómicas que afectan a las características del vellón en una población de cabras de Angora en la Patagonia Argentina. Se utilizaron seiscientos treinta y cuatro crías de 14 familias parentales de medios hermanos. A la edad de 4 meses y de 11 meses, se registraron nueve rasgos fenotípicos en relación al vellón. Se realizó una inspección del genoma utilizando 85 marcadores moleculares informativos. Se llevó a cabo un análisis de ligamiento utilizando un análisis de regresión de intervalo. Nuestro estudio identificó diez regiones genómicas que afectaban al diámetro promedio de fibra, coeficiente de variación de diámetro promedio de fibra, porcentaje de fibra con diámetro superior a 30 µm, peso de lana suarda, longitud de la fibra, valor promedio de la curvatura de la fibra, porcentaje de fibras medulladas continuas y porcentaje de fibras kemp localizadas en cinco cromosomas caprinos (1, 2, 5, 13 y 19). Estos resultados indican que el tamaño promedio del efecto QTL era de 1.6 desviaciones estándar fenotípicas para diferentes rasgos y familias. La detección de QTL tiene como propósito el uso potencial de estos marcadores moleculares para aumentar la precisión a la hora de pronosticar el mérito genético en la crianza, y su utilización en proyectos de crianza de animales a través de la selección asistida por marcadores.

**Palabras clave:** *Angora, mohair, loci de rasgos cuantitativos*

Submitted 1 July 2009; accepted 2 September 2009

## Introduction

Mohair production in Argentina is located mostly in the northern area of Patagonia (Neuquén, Río Negro and Chubut provinces). Herds have an average of 150 head with low individual mohair production (1–2 kg/animal/

Correspondence to: E.M. Cano, INTA, Instituto de Genética 'Ewald A. Favret', CICVyA, cc 25, B1712WAA-Castelar-Buenos Aires, Argentina. email: mcano@cnia.inta.gov.ar

year). The quality of fleece is poor, leading to depreciated commercial value because of a high proportion of medullated fibre contamination. The 'Progama Mohair' was created in 1999 by the Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), República Argentina (<http://www.sagpya.gov.ar>), and a breeding programme using a dispersed nucleus scheme to improve the quantity and quality of mohair production was implemented. Ten years after the Programa Mohair, the mohair fibre price rose from US \$1.10/kg to US \$6.15/kg (Arrigo and Sapag, 2007).

The classical quantitative genetics theory assumes that quantitative traits are controlled by an infinite number of genes, each with an infinitesimal effect, and are influenced by environmental factors. However, beyond this model, it is well known that there are *loci* which can have a major effect on quantitative traits (Falconer and Mackay, 1996). Such genes are called quantitative trait loci (QTL). QTL are defined as a region of the genome (i.e., segment of the chromosome) which harbours one or more genes affecting a quantitative trait (Geldermann, 1975).

The presence of QTL is inferred from significant differences in terms of phenotypic values between individuals which have inherited different QTL alleles from their parents. QTL alleles are not identifiable, because their position and determinism are unknown, so the information coming from molecular markers is used instead. A molecular marker is a *locus* with a known position on the genome which can take various forms (alleles) which are identifiable at the molecular level.

In recent decades, molecular biology techniques which have been developed coupled with advances in statistical genetics have made possible the mapping of QTL influencing economically important traits, including fleece and wool traits. Once the location of a trait is determined by linkage to the markers, possible candidate genes controlling the trait can be inferred. Some previous studies have indicated the presence of genes or gene families involved in fleece traits in sheep (reviewed by Purvis and Franklin, 2005). Identification of genes and molecular markers offers the opportunity to improve production efficiency, product quality and product diversity through utilising them in breeding programmes, developing transgenic lines and developing therapeutic agents which can be used to alter fibre attributes by altering gene expression (Purvis and Franklin, 2005).

Compared to other livestock species, there is very limited published literature on QTL identification in goat populations. Genome examinations for QTL in Angora goats conducted by Cano *et al.* (2007) and Marrube *et al.* (2007) reported the first results on putative QTL affecting fleece and conformation traits. In a recent partial genome examination, Abadi *et al.* (2009) also reported putative QTL affecting the growth and cashmere yield in Rayini goats.

This study reports the results obtained in the search of chromosomal regions affecting fleece traits using 85

informative molecular markers over 21 autosomes in a population of Angora goats in the Argentinean Patagonia.

## Materials and methods

### Animals and phenotype traits

The analysed population had a total of 634 kids from 14 Angora bucks. The number of half-sib offspring per buck ranged between 20 and 85 kids. The population was established in five batches (from 2000 to 2004).

Mid-side mohair samples were taken from kids at 4 and 11 months of age. Fleece samples were analysed at the Textile Fibres Laboratory of INTA Bariloche. Eight phenotypic fleece traits were recorded at 4<sup>1</sup> and 11<sup>2</sup> months of age, which are indicated by the superscript letters '1' and '2', respectively: average fibre diameter (AFD,  $\mu\text{m}$ ), coefficient of variation of the AFD (CVAFD, %), percentage of fibres with diameters over 30  $\mu\text{m}$  (F30), percentage of kemp fibre (KEMP, %), percentage of continuous medullated fibres (CONT, %), percentage of discontinuous medullated fibres (DISC, %), staple length (SL, mm), average curvature of fibres (ACF,  $^{\circ}/\text{mm}$ ) and greasy fleece weight (GFW, kg, recorded only at 11 months of age). The samples were analysed according to IWTO-8-97 (1997) and IWTO-12-03 (2003). The SL was measured with a caliper.

### Molecular markers genotyping

The DNA isolation, polymerase chain reaction conditions and molecular markers (microsatellite) genotyping were the same as those described by Cano *et al.* (2007, 2009). All bucks were genotyped for 120 microsatellite markers distributed over 21 autosomes from the available Web goat genetic map (<http://locus.jouy.inra.fr/>).

### Statistical analysis

An interval mapping analysis was performed under a half-sib model (Knott *et al.*, 1996) using the QTL Express programme (Seaton *et al.*, 2002) at <http://qtl.cap.ed.ac.uk/>. The fixed effects included in the analysis were sex, year of birth (2000–2004), birth type (single or twin) and flock (eight levels). Appropriate *F*-statistic thresholds for the chromosome type 1 error rate were generated by a permutation test of 10 000 iterations (Churchill and Doerge, 1994). The LOD drop-off method developed by Lander and Botstein (1989) was used to estimate the confidence intervals of the QTL locations.

## Results

Table 1 provides the phenotypic measurements (means and standard deviations) for fleece traits in 14 families'

**Table 1.** Phenotype data (means  $\pm$  SD) of the progeny from 14 Angora goat families.

Family (n)	Traits						
	AFD <sup>1</sup> ( $\mu$ m)	CVAFD <sup>1</sup> (%)	F30 <sup>1</sup> (%)	KEMP <sup>1</sup> (%)	CONT <sup>1</sup> (%)	SL <sup>1</sup> (mm)	ACF <sup>1</sup> ( $^{\circ}$ /mm)
1 (36)	24.0 $\pm$ 2.5	27.8 $\pm$ 2.5	17.4 $\pm$ 10.7	0.7 $\pm$ 1.3	1.5 $\pm$ 1.8	89.6 $\pm$ 11.6	34.7 $\pm$ 2.3
2 (87)	23.4 $\pm$ 1.8	27.3 $\pm$ 3.7	12.5 $\pm$ 8.7	0.8 $\pm$ 1.1	2.0 $\pm$ 3.0	89.5 $\pm$ 10.6	34.4 $\pm$ 3.5
3 (47)	23.2 $\pm$ 1.9	29.1 $\pm$ 3.6	13.0 $\pm$ 8.3	0.5 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 1.9	68.1 $\pm$ 14.5	34.2 $\pm$ 2.0
4 (40)	23.1 $\pm$ 1.5	28.5 $\pm$ 2.4	13.5 $\pm$ 8.2	0.4 $\pm$ 0.3	0.4 $\pm$ 0.5	79.5 $\pm$ 17.2	34.2 $\pm$ 1.9
5 (64)	23.2 $\pm$ 1.6	27.2 $\pm$ 3.2	12.0 $\pm$ 7.2	0.8 $\pm$ 1.0	0.9 $\pm$ 0.7	92.8 $\pm$ 13.9	33.9 $\pm$ 4.5
6 (72)	23.7 $\pm$ 1.6	27.6 $\pm$ 2.8	14.8 $\pm$ 7.1	0.5 $\pm$ 0.4	0.9 $\pm$ 0.6	92.6 $\pm$ 14.7	34.0 $\pm$ 3.3
7 (69)	23.6 $\pm$ 1.5	28.7 $\pm$ 2.9	15.2 $\pm$ 2.9	0.4 $\pm$ 0.5	1.2 $\pm$ 1.5	90.6 $\pm$ 13.5	34.1 $\pm$ 2.8
8 (50)	23.5 $\pm$ 2.5	30.1 $\pm$ 3.7	17.4 $\pm$ 10.4	0.3 $\pm$ 0.4	2.0 $\pm$ 3.5	96.4 $\pm$ 9.1	33.5 $\pm$ 2.5
9 (38)	–	–	–	–	–	–	–
10 (37)	22.8 $\pm$ 1.2	27.8 $\pm$ 2.6	10.7 $\pm$ 5.3	0.6 $\pm$ 0.5	1.9 $\pm$ 2.1	77.8 $\pm$ 9.1	32.6 $\pm$ 2.4
11 (25)	24.0 $\pm$ 2.4	30.1 $\pm$ 2.4	21.1 $\pm$ 10.8	0.5 $\pm$ 0.9	0.8 $\pm$ 1.1	79.1 $\pm$ 11.9	33.4 $\pm$ 3.2
12 (20)	23.0 $\pm$ 1.3	30.1 $\pm$ 3.0	14.1 $\pm$ 3.1	0.3 $\pm$ 0.3	0.7 $\pm$ 0.8	68.5 $\pm$ 13.3	34.5 $\pm$ 3.1
13 (31)	24.3 $\pm$ 1.8	28.5 $\pm$ 2.4	18.3 $\pm$ 9.0	0.6 $\pm$ 1.1	1.1 $\pm$ 1.8	87.3 $\pm$ 17.4	33.3 $\pm$ 2.4
14 (20)	–	–	–	–	–	–	–

Family (n)	Traits							
	AFD <sup>2</sup> ( $\mu$ m)	CVAFD <sup>2</sup> (%)	F30 <sup>2</sup> (%)	KEMP <sup>2</sup> (%)	CONT <sup>2</sup> (%)	SL <sup>2</sup> (mm)	ACF <sup>2</sup> ( $^{\circ}$ /mm)	GFW (kg)
1 (36)	25.0 $\pm$ 2.2	25.4 $\pm$ 3.2	18.8 $\pm$ 9.9	0.3 $\pm$ 0.8	0.4 $\pm$ 0.4	177.8 $\pm$ 35.7	37.4 $\pm$ 3.4	1.5 $\pm$ 0.4
2 (85)	23.8 $\pm$ 2.1	25.6 $\pm$ 3.3	13.8 $\pm$ 9.9	0.4 $\pm$ 0.6	0.5 $\pm$ 0.6	170.1 $\pm$ 33.5	43.4 $\pm$ 7.4	1.3 $\pm$ 0.3
3 (47)	24.3 $\pm$ 1.8	25.9 $\pm$ 3.2	15.0 $\pm$ 8.6	0.5 $\pm$ 0.6	0.7 $\pm$ 0.8	155.1 $\pm$ 34.7	40.1 $\pm$ 5.4	1.2 $\pm$ 0.3
4 (40)	24.8 $\pm$ 2.4	26.1 $\pm$ 3.6	17.7 $\pm$ 11.7	0.2 $\pm$ 0.3	0.4 $\pm$ 0.3	153.5 $\pm$ 54.8	38.3 $\pm$ 3.5	1.3 $\pm$ 0.4
5 (64)	24.1 $\pm$ 2.4	26.7 $\pm$ 3.9	14.9 $\pm$ 9.5	0.4 $\pm$ 0.5	0.5 $\pm$ 0.6	178.5 $\pm$ 29.8	45.5 $\pm$ 6.9	1.2 $\pm$ 0.3
6 (72)	24.6 $\pm$ 1.9	25.3 $\pm$ 4.7	15.5 $\pm$ 8.6	0.2 $\pm$ 0.4	0.5 $\pm$ 0.6	183.4 $\pm$ 33.3	40.1 $\pm$ 6.5	1.4 $\pm$ 0.3
7 (69)	25.3 $\pm$ 2.4	27.3 $\pm$ 3.2	20.5 $\pm$ 10.6	0.1 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.4	160.6 $\pm$ 28.4	43.0 $\pm$ 8.1	1.5 $\pm$ 0.4
8 (50)	25.0 $\pm$ 2.1	26.8 $\pm$ 2.6	18.2 $\pm$ 9.7	0.1 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.7	175.5 $\pm$ 28.2	42.4 $\pm$ 7.6	1.4 $\pm$ 0.3
9 (38)	24.0 $\pm$ 1.7	27.0 $\pm$ 2.3	12.6 $\pm$ 6.2	0.1 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.5	175.9 $\pm$ 40.3	40.9 $\pm$ 7.2	1.4 $\pm$ 0.3
10 (37)	23.0 $\pm$ 1.7	24.8 $\pm$ 3.0	10.0 $\pm$ 6.4	0.1 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.8	129.4 $\pm$ 18.4	51.5 $\pm$ 3.2	1.2 $\pm$ 0.2
11 (25)	25.0 $\pm$ 1.9	27.2 $\pm$ 3.5	16.7 $\pm$ 8.0	0.3 $\pm$ 0.4	0.4 $\pm$ 0.5	179.0 $\pm$ 31.4	40.2 $\pm$ 6.0	1.4 $\pm$ 0.4
12 (20)	23.2 $\pm$ 1.6	28.0 $\pm$ 5.0	10.0 $\pm$ 5.6	0.4 $\pm$ 0.5	0.4 $\pm$ 0.7	154.6 $\pm$ 26.0	39.1 $\pm$ 3.7	1.0 $\pm$ 0.3
13 (31)	25.4 $\pm$ 2.4	26.7 $\pm$ 2.8	18.9 $\pm$ 9.0	0.4 $\pm$ 0.5	0.6 $\pm$ 0.7	175.1 $\pm$ 30.6	42.8 $\pm$ 6.8	1.4 $\pm$ 0.4
14 (20)	23.4 $\pm$ 1.5	26.4 $\pm$ 2.3	12.2 $\pm$ 5.6	0.1 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.8	162.5 $\pm$ 25.6	44.0 $\pm$ 6.9	1.3 $\pm$ 0.3

(n) = Progeny number; AFD, Average Fiber Diameter; CVAFD, Coefficient of Variation of AFD; F30, percentage of fiber with diameter over 30  $\mu$ m; KEMP, percentage of kemp fiber; CONT, percentage of Continuous Medullated Fibers; SL, Staple Length; ACF, Average Curvature of Fiber; GFW, Greasy Fleece Weight. <sup>1</sup>= fleece samples taken at 4 month of age; <sup>2</sup>= fleece samples taken at 11 month of age. – = data not available.

progenies. A panel of 85 informative microsatellite markers distributed over 21 autosomes was used. The interval between the markers was on average 17.1 cM and the estimated genome coverage was 1328 cM, corresponding to 51% of the 21 autosomes (Table 2).

Nineteen QTL related to fleece traits were found in goat chromosomes (CHI) 1, 2, 5, 13 and 19. Detailed information and the localisation of chromosomal regions affecting the fleece traits are provided in Table 3 and Figure 1.

Evidence for putative QTL on different chromosomes was the following: on CHI1 four QTL affecting F30<sup>1</sup>, GFW (distal region), CVAFD<sup>1</sup> and CONT<sup>2</sup> (central region) were located. On CHI2 five putative QTL for SL<sup>2</sup>, CVAFD<sup>1</sup>, ACF<sup>1</sup>, CVAFD<sup>2</sup> and ACF<sup>2</sup> were found. Six QTL affecting fleece traits were found on CHI5: three QTL affecting AFD<sup>1</sup>, F30<sup>1</sup>, KEMP<sup>1</sup> (central region), two QTL for AFD<sup>2</sup>, KEMP<sup>2</sup> (distal region) and one QTL for GFW (proximal region) on CHI5. Evidence for a QTL affecting CVAFD<sup>1</sup> was detected

on CHI13. Finally, three putative QTL affecting CVAFD<sup>1</sup>, SL<sup>1</sup> and GFW were detected on the central region on CHI19.

The size of the QTL effect ranged from 0.6 to 2.9 phenotypic standard deviations for different traits and families (Table 3), and the number of informative bucks ranged from 1 to 4 out of 14.

In all cases, the confidence intervals of QTL location estimated on five goat chromosomes (CHI1, CHI2, CHI5, CHI13 and CHI19) were on average 30 cM (11 cM for SL<sup>1</sup> on CHI19 and for KEMP<sup>2</sup> on CHI5 to 76 cM for CVAFD<sup>1</sup> on CHI2).

## Discussion

We found several QTL affecting AFD<sup>1</sup> and AFD<sup>2</sup> (CHI5), CVAFD<sup>1</sup> (CHI1, CHI2, CHI13 and CHI19), CVAFD<sup>2</sup>

**Table 2.** Goat genome coverage by chromosome.

CHI	No. of markers	Coverage <sup>1</sup> (cM)	Markers (distance, cM) <sup>2</sup>
1	9	124	ILSTS004 (16), BM4307 (32), INRA011 (18), BM1312 (30), LSCV06 (16), CSSM32 (34), CSSM19 (7), BM3205 (7), MAF046
2	7	167	INRA40 (31), ILSTS030 (34), ILSTS082 (11), LSCV24 (34), LSCV37 (31), IDVGA64 (26), OarFCB011
3	2	38	McM58 (37), CSSM54
4	4	38	BMS1788 (19), McM218 (70), LSCV15 (20), OarHH35
5	5	75	OarFCB005 (15), LSCV25 (18), BMS1248 (21), ILSTS034 (21), BM2830
6	4	58	OarAE101 (19), BM0143 (18), BM4621 (21), BM0415
8	4	60	INRA129 (30), McM064 (45), HEL04 (30), CSSM47
9	5	77	INRA127 (6), BM2504 (38), TGLA073 (18), BM4208 (15), INRA144
10	3	38	TGLA272 (12), TGLA378 (25), TGLA102
11	3	28	INRA177 (28), ILSTS049 (78), ILSTS045
12	4	61	BMS0712 (35), BM6404 (26), INRA005 (8), OarVH117
13	2	32	ILSTS059 (32), IL2RA
14	3	83	CSSM66 (46), BM0302 (37), BM2934
15	3	74	INRA224 (40), LSCV05 (34), TGLA075
17	2	34	OarVH098 (34), ILSTS058
18	3	50	HAUT14 (30), SCRD232 (20), INRA210
19	10	97	BMS0745 (20), BMS1920 (8), IDVGA46 (9), LSCV36 (8), BP20 (4), MAF48 (4), OarFCB193 (11), SRCRSP06 (8), McM210 (25), MAP2
20	3	56	TGLA304 (31), INRA036 (25), ILSTS072
23	4	52	OarCP73 (21), BM1258 (19), OLA-DRB (12), OarHH56
25	2	40	BM4005 (19), BP28
27	3	46	LSCV41 (11), INRAMTT183 (35), OarJMP58
Total	85	1328	

Number of markers used and markers name by chromosome used.

<sup>1</sup> = Coverage in cM taken account markers intervals.

<sup>2</sup> = The first marker is the closest to the centromere and between brackets the distance in cM between markers.

(CHI2), F30<sup>1</sup> (CHI1 and CHI5), GFW (CHI1, CHI5 and CHI19), SL<sup>1</sup> (CHI19), SL<sup>2</sup> (CHI2), ACF<sup>1</sup> and ACF<sup>2</sup> (CHI2), CONT<sup>2</sup> (CHI1) and KEMP<sup>1</sup> and KEMP<sup>2</sup> (CHI5). Compared with other livestock species, there is very limited published literature on QTL identification in goat populations. Recently, Abadi *et al.* (2009) reported

putative QTL affecting cashmere yield on three candidate regions previously reported by Cano *et al.* (2007). Several reports of linkage between genes and QTL with wool production traits are available for sheep (Parsons *et al.*, 1994; Rogers *et al.*, 1994; Allain *et al.*, 1998, 2006; Beh *et al.*, 2001; Ponz *et al.*, 2001; Purvis and Franklin, 2005; Bidinost *et al.*, 2008). Because of the homology between sheep and goat maps (Crawford *et al.*, 1995; Maddox, 2005), putative QTL affecting fleece traits found in the Angora goat on CHI1, CHI5 and CHI19 could be related to the keratin-associated protein (KAP) and keratin (*KRT*) gene family as pointed out by McLaren *et al.* (1997). In sheep, on chromosome 1 (OAR1), OAR3 and OAR11 several high glycine-tyrosine keratin-associated proteins (KAP6.1, KAP7, KAP8, KAP1 and KAP3) and keratin genes (*KRT1*, *KRT2*, *KRT2.13* and *KRT2.10*) were mapped by McLaren *et al.* (1997). Moreover, in sheep, a linkage between high glycine-tyrosine keratin gene loci and wool fibre diameter was previously demonstrated (Parsons *et al.*, 1994).

Four keratin family genes (*KRT8* and *KRT1B*) have been assigned to chromosome 5 in cattle (Fries *et al.*, 1991), and one of these genes (*KRT*) was assigned to chromosome 5 in the goat (Schibler *et al.*, 1998; Pinton *et al.*, 2000).

As mentioned above, the coincident results reported by Cano *et al.* (2007) and Abadi *et al.* (2009) and the QTL found in other species, such as the *KRT* and *KAP* genes family, could be the best candidates for the associated QTL on goat chromosomes 1, 5 and 19.

With the proposal to shorten the chromosomal regions, we have increased the number of kids by family on previous steps to fine mapping where the QTL were detected.

## Implications

Ten chromosomal regions involved in mohair production on CHI1, CHI2, CHI5, CHI13 and CHI19 were identified and confirmed in a population of Angora goats. The data described in this report open up the opportunity for an in-depth search for a specific genome section and to characterise the variability involved in economic traits in Angora goats and other fleece goat breeds.

The development and application of fine mapping methodologies have been progressing in experimental and commercial livestock populations. Fine mapping will shorten the size of the candidate chromosomal regions harbouring the QTL detected in this study.

After fine mapping and identification of causative mutations in candidate genes, these QTL will have the potential to achieve additional genetic and economic gains by incorporating marker-assisted selection into breeding programmes.

**Table 3.** Putative QTL significant at the  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  chromosome level for traits by chromosome.

CHI	Trait	Informative families.	Closest markers.	Position (cM)	QTL effect (SE)	Effect/SDph	F-statistic
1	CVAFD <sup>1</sup>	4	LSCV06	104	3.5 (1.5) $\mu\text{m}$	1.3	2.4 <sup>3</sup>
1	F30 <sup>1</sup>	5/11	MAF046	176	4.5 (2.3)/9.9 (3.9)%	0.6/1.3	2.5 <sup>3</sup>
1	GFW	4	MAF046	160	3.5 (1.5) kg	1.9	3.0 <sup>3</sup>
1	CONT <sup>2</sup>	10/12	LSCV06	104	1.2 (0.6)/0.8 (0.4)%	2.4/1.6	2.7 <sup>3</sup>
2	CVAFD <sup>1</sup>	2/8	LSCV24	72	2.3 (0.9)/2.7 (1.4) $\mu\text{m}$	0.8/0.9	2.6 <sup>3</sup>
2	CVAFD <sup>2</sup>	3/4/6	LSCV37	100	6.4 (2.8)/6.7 (3.2)/7.4 (1.9) $\mu\text{m}$	2.0/2.1/2.3	2.5 <sup>3</sup>
2	SL <sup>2</sup>	4/11	INRA40	12	73.5 (22.5)/88.3 (36.3) mm	2.3/2.7	2.3 <sup>3</sup>
2	ACF <sup>1</sup>	7/11	ILSTS082	60	2.5 (1.1)/5.4 (2.1)%	0.9/1.9	2.7 <sup>3</sup>
2	ACF <sup>2</sup>	4/9/11/12	LSCV37	104	8.9 (4.0)/7.3 (3.5)/11.1 (5.7)/11.1 (5.6) <sup>0</sup> /mm	2.3/1.9/2.9/2.9	2.2 <sup>3</sup>
5	AFD <sup>1</sup>	3	BMS1248	40	1.5 (0.7) $\mu\text{m}$	0.9	3.0 <sup>3</sup>
5	AFD <sup>2</sup>	6/7	ILSTS034	52	2.8 (1.1)/2.2 (0.9) $\mu\text{m}$	1.6/1.2	2.7 <sup>3</sup>
5	F30 <sup>1</sup>	3	BMS1248	36	7.3 (3.1)%	0.9	2.6 <sup>3</sup>
5	GFW	3/4/6	OarFCB005	8	0.4 (0.2)/0.5 (0.3)/0.3 (0.1) kg	1.5/2.0/1.0	3.8 <sup>3</sup>
5	KEMP <sup>1</sup>	7/8	BMS1248	32	0.8 (0.3)/1.2 (0.4)%	1.1/1.7	3.6 <sup>4</sup>
5	KEMP <sup>2</sup>	6/12/13	BM3830	76	0.4 (0.2)/0.5 (0.2)/0.4 (0.2)%	1.2/1.4/1.3	3.0 <sup>3</sup>
13	CVAFD <sup>1</sup>	2	IL2RA	32	0.8 (0.3) $\mu\text{m}$	1.1	2.6 <sup>3</sup>
19	SL <sup>1</sup>	3/8/10	IDVGA46	28	13.0 (6.2)/13.2 (6.3)/15.8 (6.4) mm	1.1/1.1/1.3	2.1 <sup>3</sup>
19	CVAFD <sup>1</sup>	3/4	MAF48	49	2.4 (1.1)/2.8 (1.2) $\mu\text{m}$	0.9/1.1	2.3 <sup>3</sup>
19	GFW	7	MAF48	50	0.4 (0.1) kg	1.4	2.7 <sup>3</sup>

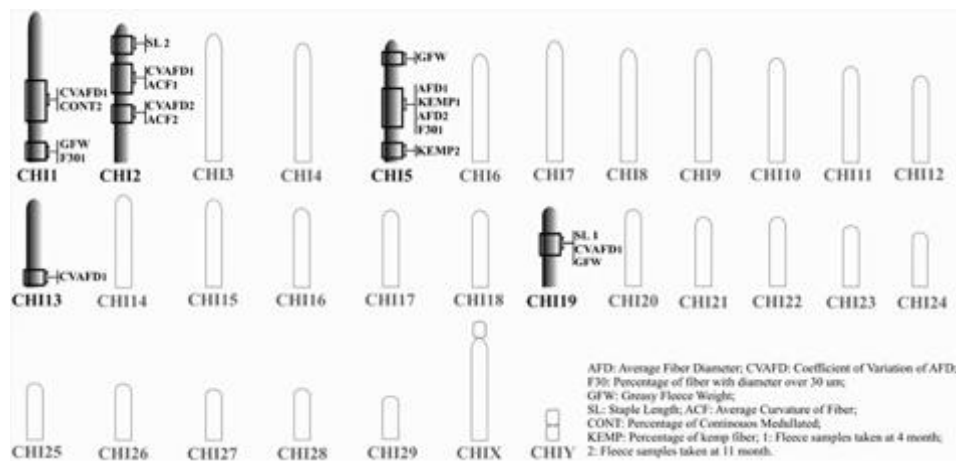
Informative families, closest markers, position in cM, allele substitution effect (standard error), QTL effect relative to phenotypic standard deviation and estimated significance levels (*F*-statistic).

<sup>1</sup> = fleece samples taken at 4 month of age.

<sup>2</sup> = fleece samples taken at 11 month of age.

<sup>3</sup> = *F*-statistic significant at 5% level.

<sup>4</sup> = *F*-statistic significant at 1% level.



**Figure 1.** The chromosomal regions affecting fleece traits in Angora goats. The rectangles on the ideogram show the localisation of the chromosomal regions affecting fleece traits.

## Acknowledgements

The authors acknowledge the staff of the Pilcaniyeu experimental farm who take care of the animals; private breeders; Jorge Arrigo, Programa Mohair SAGPyA; the financial support of the BID OC/AR 1728, PICT 3907, PAV 137 and PNFIB 1292 projects; and the ECOS–Sud cooperation programme funded by the French and Argentinian governments.

## References

- Abadi, M.R., Askari, N., Baghizadeh, A., and Esmailizadeh, A.K. (2009) A directed search around caprine candidate loci provided evidence for microsatellites linkage to growth and cashmere yield in Rayini goats. *Small Ruminant Research* 81, 146–151.
- Allain, D., Lantier, I., Elsen, J.M., François, D., Brunel, J.C., Weisbecker, J.L., Schibler, L., Vaiman, D., Cribiu, E., Gautier, A., Berthon, P., and Lantier, F. (1998) A design aiming at detecting QTL controlling wool traits and other traits in the INRA 401 sheep

- line. Presented at the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 11–16 January, Armidale, NSW, Australia, pp. 51–54.
- Allain, D., Schibler, L., Mura, L., Barillet, F., Sechi, T., Rupp, R., Casu, S., Cribiu, E., and Carta, A.** (2006) QTL detection with DNA markers for wool traits in a sheep backcross Sarda × Lacune resource population. Presented at the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 13–18 August, Belo Horizonte, MG, Brasil, communication 05-07.
- Arrigo, J., and Sapag, A.** (2007) El Programa Mohair, una red de organizaciones de productores y el estado para la producción y el desarrollo. Presented at the Vº Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Ruminantes y Camélidos Sudamericanos, 2–4 May, Mendoza, Argentina.
- Beh, K.J., Callaghan, M.J., Leish, Z., Hulme, D.J., Lenane, I., and Maddox, J.F.** (2001) A genome scan for QTL affecting fleece and wool traits in Merino sheep. *International Journal of Sheep Wool Science* 49, 88–97.
- Bidinost, F., Roldán, D.L., Doderó, A.M., Cano, E.M., Taddeo, H.R., Mueller, J.P., and Poli, M.A.** (2008) Wool quantitative trait loci in Merino sheep. *Small Ruminant Research* 74, 113–118.
- Cano, E.M., Daverio, S., Cáceres, M., Debenedetti, S., Costoya, S., Abad, M., Allain, D., Taddeo, H., and Poli, M.A.** (2009) Detection of QTL affecting fleece traits on CHI19 in Angora goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems Journal* 11, 189–191.
- Cano, E.M., Marrube, G., Roldán, D.L., Abad, M., Allain, D., Vaiman, D., Taddeo, H., and Poli, M.** (2007) QTL affecting fleece traits in Angora goats. *Small Ruminant Research* 71, 158–164.
- Churchill, G.A., and Doerge, R.W.** (1994) Empirical threshold values for quantitative trait mapping. *Genetics* 138, 963–971.
- Crawford, A.M., Dodds, K.G., Pierson, C.A., Ede, A.J., Montgomery, G.W., Garmonsway, H.G., Beattie, A.E., Davies, K., Maddox, J.F., Kappes, S.W., Stone, R.T., Nguyen, T.C., Penty, J.M., Lord, E.A., Broom, J.E., Buitkamp, J., Schwenger, W., and Epplen, J.T.** (1995) An autosomal genetic linkage map of the sheep genome. *Genetics* 140, 703–724.
- Falconer, D.S., and Mackay, T.F.C.** (1996) *Introduction to Quantitative Genetics* (4th ed.). Longman, New York.
- Fries, R., Threadgill, D.W., Hediger, R., Gunawardana, A., Blessing, M., Jorcano, J.L., Stranzinger, G., and Wommarck, J.E.** (1991) Mapping of bovine cytokeratin sequences to four different sites on three chromosomes. *Cytogenetics and Cell Genetics* 57, 135–141.
- Geldermann, H.** (1975) Investigation on inheritance of quantitative character in animals by gene markers I. Methods. *Theoretical and Applied Genetics* 46, 319–330.
- IWTO-8-97** (1997) Method of determining fibre diameter distribution parameters and percentage of medullated fibres in wool and other animal fibres by projection microscope. The International Wool Secretariat, London.
- IWTO-12-03** (2003) Measurement of the mean and distribution of fibre diameter using the Sirolan Laserscan Fibre Diameter Analyser. Raw Wool Services Department, West Yorkshire, UK.
- Knott, S.A., Elsen, J.M., and Haley, C.S.** (1996) Methods for multiple markers mapping of quantitative trait loci in half-sibs population. *Theoretical and Applied Genetics* 93, 71–80.
- Lander, E.S., and Botstein, D.** (1989) Mapping Mendelian factor underlying quantitative traits using RFLP linkage map. *Genetics* 121, 185–199.
- Maddox, J.F.** (2005) A presentation of the differences between the sheep and goat genetic maps. *Genetics, Selection, Evolution* 37, S1–S10.
- Marrube, G., Cano, E.M., Roldán, D.L., Bidinost, F., Abad, M., Allain, D., Vaiman, D., Taddeo, H., and Poli, M.A.** (2007) QTL affecting conformation traits in Angora goats. *Small Ruminant Research* 71, 170–178.
- McLaren, R.J., Roger, G.R., Davies, K.P., Maddox, J.F., and Montgomery, G.W.** (1997) Linkage mapping of wool keratin and keratin-associated protein genes in sheep. *Mammalian Genome* 8, 938–940.
- Parsons, Y.M., Cooper, D.W., and Piper, L.R.** (1994) Evidence of linkage between high-glycine-tyrosine keratin gene loci and wool fiber diameter in a merino half-sib family. *Animal Genetics* 25, 105–108.
- Pinton, P., Schibler, L., Cribiu, E., Gellin, J., and Yerle, M.** (2000). Localization of 113 anchor loci in pigs: Improvement of the comparative map for humans, pigs, and goats. *Mammalian Genome* 11, 306–315.
- Ponz, R., Moreno, C., Allain, D., Elsen, J.M., Lantier, F., Lantier, I., Brunel, J.C., and Pérez-Enciso, M.** (2001) Assessment of genetic variation explained by markers for wool traits in sheep via a segment mapping approach. *Mammalian Genome* 12, 569–572.
- Purvis, I.W., and Franklin, I.R.** (2005) Major genes and QTL influencing wool production and quality: A review. *Genetics, Selection, Evolution* 37, S97–S107.
- Rogers, G.R., Hickford, G.H., and Bickerstaffe, R.** (1994) Polymorphism in two genes for B2 sulfur proteins of wool. *Animal Genetics* 25, 407–415.
- Schibler, L., Vaiman, D., Oustry, A., Giraud-Delville, C., and Cribiu, E.P.** 1998. Comparative gene mapping: A fine-scale survey of chromosome rearrangements between ruminants and humans. *Genome Research* 8, 901–915.
- Seaton, G., Haley, C.S., Knott, S., Kearsey, M., and Visscher, P.** (2002) QTL Express: Mapping quantitative trait loci in simple and complex pedigrees. *Bioinformatics* 18, 339–340.



# Genetic variation of the reference population for quantitative trait loci research in South African Angora goats

C. Visser and E. van Marle-Koster

*Department of Animal and Wildlife Sciences, University of Pretoria, Pretoria 0002, South Africa*

## Summary

The South African Angora goat industry makes the largest contribution to global mohair production. Mohair is a luxury fibre and production of a high quality clip is essential. For many years genetic improvement of Angoras in South Africa was based on quantitative selection. Genome mapping efforts provided new avenues for improvement and a quantitative trait loci (QTL) study was initiated to identify QTL associated with mohair traits. The aim of this study was to describe the genetic diversity of the reference population using the available stud and commercial herds with full phenotypic records. The most appropriate QTL design was identified based on the population structure with regard to the families and number of bucks available for breeding. Four herds, consisting of 1067 pure bred goats in 12 half-sib families, were included. Blood samples were obtained from the herds, 94 markers were tested and diversity parameters were estimated. The average number of alleles per marker varied between 5.4 and 7.2 amongst the herds, whereas the observed heterozygosity varied between 0.59 and 0.67. The genetic structure of these herds was found appropriate for use as a reference population as they showed sufficient genetic variability.

**Keywords:** *Angora goats, mohair, genetic variation, quantitative trait loci design*

## Résumé

L'industrie de la chèvre angora de l'Afrique du Sud apporte la plus grande contribution à la production mondiale de mohair. Le mohair est une fibre de luxe et la production d'une tonte de haute qualité est essentielle. Pendant de nombreuses années, l'amélioration génétique des chèvres angoras en Afrique du Sud était basée sur la sélection quantitative. Les activités de cartographie des génomes ont fourni de nouvelles voies pour l'amélioration et une étude sur le QTL a été lancée pour identifier le locus à effets quantitatifs associé aux caractères du mohair. Le but de cette étude était de décrire la diversité génétique de la population de référence en utilisant les troupeaux reproducteurs et commerciaux disponibles ayant des contrôles phénotypiques complets. Le plan de QTL le plus approprié a été identifié sur la base de la structure de la population considérant les familles et le nombre de boucs disponibles pour la sélection. Quatre troupeaux de 1067 chèvres de race pure dans 12 familles à descendance uniparentale ont été inclus. On a effectué des prises de sang sur les animaux des troupeaux, on a testé 94 marqueurs et estimé les paramètres de la diversité. Le nombre moyen d'allèles par marqueur variait entre 5,4 et 7,2 dans les troupeaux, tandis que l'hétérozygoté variait entre 0,59 et 0,67. La structure génétique de ces troupeaux a été considérée adéquate pour son utilisation en tant que population de référence car les troupeaux ont montré une variabilité génétique suffisante.

**Mots-clés:** *chèvres Angora, mohair, variation génétique, schéma des locis à effets quantitatifs*

## Resumen

La industria de la cabra Angora de Sudáfrica es la que representa el mayor porcentaje de producción de mohair a nivel mundial. El Mohair es una fibra considerada de lujo, y la producción donde se lleve a cabo una esquila de alta calidad es esencial. Durante muchos años la mejora genética de cabras Angora en Sudáfrica ha estado basada en la selección cuantitativa. Los esfuerzos llevados a cabo en relación con el mapeo genético abrieron nuevos caminos para mejorar, y se inició un estudio QTL para identificar el QTL asociado con los rasgos de mohair. El propósito de dicho estudio consistió en describir la diversidad genética de la población de referencia utilizando el semental disponible y rebaños comerciales con registros fenotípicos completos. El diseño más apropiado de QTL fue identificado en base a la estructura poblacional con respecto a las familias y al número de machos disponibles para la cría. Se incluyeron cuatro rebaños que sumaban 1067 cabras de raza pura en 12 familias de medios hermanos. Se obtuvieron muestras de sangre de los rebaños, se probaron 94 marcadores, y se estimaron parámetros de diversidad. El número promedio de alelos por marcador varió entre 5.4 y 7.2 entre los rebaños, mientras que la heterocigosidad observada varió entre 0.59 y 0.67. La estructura genética de estos rebaños se consideró apropiada para ser utilizada como población de referencia, dado que mostraba suficiente variabilidad genética.

**Palabras clave:** *Angora, mohair, variabilidad genética, loci de rasgos cuantitativos*

Submitted 6 July 2009; accepted 17 August 2009

## Introduction

South Africa is the major producer of mohair in the world, with a contribution of between 55% and 60% of the product to the world market (Loots, 2007). It is therefore imperative to maintain a good quality clip through selection for the desired

mohair traits, that largely depend on accurate genetic improvement programs. For many years quantitative studies and research were undertaken with regard to mohair traits and production of Angora goats, and the results contributed to increased and improved production (Snyman and Olivier, 1996; Snyman, 2002). Despite the progress made with quantitative selection, it has certain limitations, including the selection of breeding values does not account for population effects or genetic diversity and selection is optimised for a general response in the next generation, rather than the highest long-term response (Andersson, 2001). Advances in genomics have provided new opportunities for animal geneticists and breeders where knowledge of the underlying molecular mechanisms of fibre and fleece characteristics should lead to more efficient selection programs in the long term (Purvis and Jeffery, 2007). Microsatellite markers have been widely applied as a suitable DNA marker for diversity and genome-wide studies in goats (Iamartino *et al.*, 2005), because no single nucleotide polymorphisms are yet available for this species (Maddox and Cockett, 2007).

Quantitative trait loci (QTL) studies have been performed in poultry and beef and dairy cattle for some time (Sonstegard *et al.*, 2001; Tuiskula-Haavisto *et al.*, 2002; Casas *et al.*, 2004; Boichard *et al.*, 2006), and the prerequisites include a suitable reference population. It is also requisite to test for sufficient within-breed variation of the reference population, because this knowledge is the first step towards responsible exploitation of domestic animal biodiversity (Beuzen *et al.*, 2000; Iamartino *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2008). The necessity of global diversity surveys for further integration into QTL detection studies was also highlighted by Gibson (2003) (<http://www.fao.org/biotech/docs/Gibson.pdf>).

A QTL identification study was identified in South African Angoras for potential QTL affecting mohair traits. The most appropriate designs for outbred populations with relatively large families are full- or half-sib designs (Weller, 2001). The challenge of these designs is that there is a force towards a small number of sire families with large progeny groups, but there is the probability that the sires used in the project are not heterozygous (Bovenhuis, 2005). A half-sib design was identified as being the most appropriate for the South African Angora industry.

The aim of this paper was to describe the establishment of the reference population for QTL research in South Africa through the appropriate selection of stud families and evaluation of the genetic variation within the herds using microsatellite markers.

## Material and Methods

### Selection of suitable herds

The majority of Angora goats are farmed in the Eastern Cape province of South Africa. This region referred to as the Karoo has a dry climate and bush type vegetation,

that is suitable for Angora goat production. Angora goat breeders taking part in the National Small Stock Performance Scheme were approached in the selection of the herds for this study. Only families with complete pedigree and phenotypic records were considered for inclusion. The breeders agreed to use at least two of the same bucks over a 3-year period to generate sufficient offspring for the reference population. Phenotypic recordings were made on growth (birth and weaning weights, average daily gain) and mohair (fleece weight, fibre diameter, staple length, standard variation of fibre diameter etc.) traits for all goats.

### Animal sampling and genotyping

Blood samples were collected over a 3-year period from the animals of the selected herds, and the blood was stored in a DNA bank for small stock research (GADI, National Department of Agriculture). A total of 1124 individual blood samples were used in the study from four different Angora stud herds with suitable families, sufficient progeny and required records.

DNA was extracted from whole blood using the Qiagen DNEasy Tissue kit at the University of Pretoria and the Invisorb blood mini HTS kit (Invitex) for the XtractorGene (Corbett Robotics) at Wageningen University and Research Center according to the protocols of the respective manufacturers. An initial volume of 100  $\mu$ l of blood was used for both protocols.

DNA samples were amplified with 94 microsatellite markers as selected for the QTL study. Incorrect parentage attributable to recording errors and overmating was identified with Cervus 3.0, and all aberrant individuals were removed from the study. Markers were selected on levels of polymorphism, heterozygosity, allele size range and amplification success. The markers were divided into 8 genotyping sets, averaging 12 markers per set. Polymerase chain reaction (PCR) was performed in an I-Cycler (Bio-Rad) and Ti Thermocycler (Biometra) using 100 ng of DNA, 2.94  $\mu$ l of ABgene<sup>®</sup> PCR Master Mix (ABGene, UK) and 0.03  $\mu$ l each of 40 pmol/ $\mu$ l reverse and forward primer. The PCR amplification was conducted in a 6- $\mu$ l final volume in 384-well PCR plates under the following conditions: 95°C for 5 min followed by 35 cycles of 96°C for 30 s, 45 s at annealing temperature and 90 s at 72°C with a final extension step of 10 min at 72°C.

### Statistical analysis

The statistical power of a half-sib design depends on the number of sires used, offspring per sire and statistical parameters (*i.e.*, the heritability of traits, heterozygosity and magnitude of the QTL; acceptable type 1 error and the marker-QTL recombination fraction). The statistical power was calculated using the 'Power of Daughter Design' software by Bovenhuis (2005).

The genetic variability of the families selected for the reference population was analysed using MS toolkit (Park, 2001). The genetic parameters which were estimated included allelic frequencies, mean number of alleles and heterozygosity values per locus and for each population. The polymorphic information content for each locus and across loci were estimated using Cervus 3.0 software (Marshall *et al.*, 1998).

The FSTAT 2.9.3 program (Goudet, 1995) was used to compute Wright's  $F$  statistics for each locus, including  $F$ ,  $\theta$  and  $f$ , that are analogous to Wright's (1978)  $F_{IT}$ ,  $F_{ST}$  and  $F_{IS}$ , respectively. The statistical significance of the obtained values was estimated by bootstrapping using 1000 replications.

Population structure and  $F_{ST}$  values were inferred by using the *structure* program (Pritchard *et al.*, 2000), a Bayesian approach based on the genotypes of the individuals collected. Individuals were assigned to  $K$  (unknown) populations, where  $K$  was varied across runs of the program, and individuals had membership assigned to them over all of the different clusters (number of clusters =  $K$ ). The sum of the probabilities to belong to a population equals one. The *structure* program was run with  $10^6$  iterations and a burn-in period of 10 000 iterations to assure a random starting point for the algorithm. The runs were repeated 20 times for  $2 > K < 10$  to check the consistency of the results. An admixture ancestry model was assumed, that provides for the individuals to have mixed ancestry. This is modeled by assuming that a certain individual ( $i$ ) has inherited some fraction of its genome from ancestors in population  $k$ .

## Results and discussion

The results obtained from testing for statistical power (Power of Daughter Design, Bovenhuis, 2005) of the half-sib design in this study were based on a heritability of 0.32, a type 1 error of 0.05 and a recombination fraction of 0.1. A 12 sire design with approximately 100 offspring per sire was predicted to yield sufficient (0.910) power to detect QTL, and this was identified as the most appropriate experimental design for QTL detection in the South African Angora goat population. The family structure of the four stud herds with full phenotypic and pedigree information selected for the reference population is provided in Table 1. These animals were part of 12 half-sib families, ranging between 44 and 140 offspring with an average of 88 half-sib offspring per sire. All possible sires were screened for heterozygosity over loci, and sires with the highest heterozygosity values were selected.

A total of 800 alleles from 94 loci were detected in the 1067 individuals which were genotyped. All markers were found to be polymorphic in each of the four evaluated herds. The number of alleles identified per locus averaged 7.99, with a variation from 2 (BM4630) to 23 (INRA011).

The mean polymorphic information content value across loci was 0.57, indicating a medium level of information (Table 2), which closely corresponds to values reported by Kumar *et al.* (2005), Martinez *et al.* (2006) and Traore *et al.* (2009).

The observed and expected heterozygosity values over all loci for all herds averaged 0.63 and 0.62, respectively. Individual markers varied significantly, ranging from as low as 0.14 (CSSM32) to as high as 0.83 (BM1329) for unbiased heterozygosity. These mean values correspond closely to those reported by both Kumar *et al.* (2005;  $H_O=0.45$ ,  $H_E=0.63$ ) and Martinez *et al.* (2006;  $H_O=0.62$ ,  $H_E=0.66$ ), although both higher (Qi *et al.*, 2009) and lower (Gour *et al.*, 2006) values were reported previously for various microsatellite panels tested in different goat populations.

The  $f$ ,  $F$  and  $\theta$  values estimated for the 96 loci across all populations are indicated in Table 2. The mean  $\theta$  value ( $=0.069$ , range = 0.002–0.161) was similar to that found by Gour *et al.* (2006), but it was marginally higher compared to other previously reported estimates in goat breeds (Kumar *et al.*, 2005; Martinez *et al.*, 2006; Dalvit *et al.*, 2008). The highest within-population fixation index ( $f$ ) was estimated for BM4630 (0.175), that indicates a heterozygote deficit. Of the 94 markers, 74 showed negative  $f$  values, indicating no inbreeding but rather outbreeding. Overall, the microsatellite loci included were useful to obtain a reliable assessment of the genetic variability within the population.

Genetic variability in the South African reference population was relatively high with the average number of alleles varying between 5.41 and 7.21 in the four herds. The estimated unbiased heterozygosity or gene diversity was well above 60%, except for one herd with a value of 56.5%. These levels of heterozygosity for the different

**Table 1.** Family structure of herds for the reference population in the study.

	Offspring			Total
	Year 1	Year 2	Year 3	
Herd 1				
Sire 1	41	33	36	110
Sire 2	18	38	59	115
Sire 3	34	42	8	84
Sire 4	31	46	27	104
Herd 2				
Sire 1	9	99	32	140
Sire 2			84	84
Herd 3				
Sire 1		41	23	64
Sire 2	38	41	76	117
Sire 3	54	54		92
Sire 4		37		91
Herd 4				
Sire 1	27	40		67
Sire 2		37	7	44

**Table 2.** Number of alleles per marker ( $k$ ), observed (Hobs) and expected (HExp) heterozygosity, polymorphic information content (PIC) and  $F$  statistics per marker.

Locus	No. of samples	$k$	Hobs	HExp	PIC	$F (F_{IT})$	$\theta (F_{ST})$	$f (F_{IS})$
BM0121	848	9	0.64625	0.6685	0.61475	0.05	0.07	-0.023
BM0321	1101	9	0.54575	0.5175	0.484	-0.03	0.032	-0.063
BM0719	933	6	0.715	0.733	0.69025	0.075	0.06	0.016
BM1225	874	5	0.6175	0.57925	0.519	0.002	0.073	-0.077
BM1258	1098	10	0.71275	0.672	0.61975	0.046	0.1	-0.06
BM1312	524	10	0.5905	0.676	0.625	0.197	0.06	0.145
BM1329	635	7	0.8755	0.82525	0.64175	-0.05	0.036	-0.089
BM143	1018	6	0.70375	0.67075	0.62075	0.033	0.091	-0.064
BM1818	1051	9	0.7565	0.7215	0.67925	0.019	0.073	-0.058
BM2830	931	9	0.6425	0.606	0.52725	-0.038	0.02	-0.059
BM3205	467	9	0.50675	0.576	0.526	0.129	0.034	0.098
BM3517	681	12	0.722	0.723	0.6805	0.057	0.068	-0.011
BM415	919	9	0.842	0.785	0.7515	-0.011	0.058	-0.074
BM4208	874	11	0.8455	0.78825	0.7575	0.019	0.058	-0.041
BM4621	1002	6	0.54	0.51875	0.45975	0.046	0.089	-0.047
BM4630	959	2	0.37025	0.4105	0.32375	0.205	0.037	0.175
BM6526	627	12	0.6555	0.7115	0.6625	0.122	0.062	0.063
BM7160	848	6	0.6975	0.673	0.61425	0.074	0.051	0.024
BM8125	890	8	0.657	0.63	0.58625	-0.006	0.05	-0.058
BMC1009	897	8	0.64625	0.64275	0.589	0.058	0.063	-0.005
BMC1222	852	6	0.54875	0.6445	0.5885	0.182	0.112	0.079
BMC8012	872	3	0.526	0.4765	0.36825	-0.076	0.002	-0.078
BMS0712	904	9	0.745	0.737	0.6935	0.029	0.042	-0.013
BMS0745	860	10	0.8375	0.73575	0.69775	-0.021	0.078	-0.107
BMS1248	869	9	0.2375	0.25125	0.23625	0.082	0.051	0.032
BMS1332	1044	7	0.68575	0.6	0.53075	-0.009	0.012	-0.021
BMS1714	863	5	0.762	0.71975	0.66675	-0.03	0.029	-0.061
BMS1788	919	11	0.73925	0.69	0.644	0.021	0.063	-0.045
BMS2252	920	6	0.62825	0.61425	0.55675	0.001	0.034	-0.035
BMS2526	1085	7	0.756	0.737	0.6895	0.037	0.072	-0.037
BMS2782	781	11	0.7745	0.73	0.68775	-0.011	0.07	-0.087
BP28	855	9	0.62475	0.6995	0.6575	0.221	0.103	0.132
CSRD247	1083	8	0.691	0.64375	0.59275	0.049	0.1	-0.057
CSSM19	957	5	0.3155	0.3065	0.27275	-0.008	0.048	-0.059
CSSM32	892	5	0.1415	0.1385	0.132	0.034	0.059	-0.026
CSSM43	881	6	0.6175	0.59275	0.5215	-0.035	0.038	-0.075
CSSM47	945	6	0.317	0.29425	0.2745	-0.068	0.014	-0.083
CSSM54	893	12	0.42825	0.54425	0.48975	0.257	0.161	0.115
DRBP1	222	8	0.67575	0.673	0.619	-0.207	0.148	-0.417
HEL11	668	14	0.68775	0.7225	0.682	0.14	0.074	0.071
HUJ614	1108	7	0.55125	0.51275	0.423	-0.048	0.015	-0.063
IL2RA	936	8	0.599	0.5835	0.55	0.052	0.08	-0.031
ILSTS011	1076	7	0.73525	0.6765	0.6315	0.028	0.051	-0.025
ILSTS033	1104	9	0.5895	0.585	0.543	0.083	0.093	-0.012
ILSTS034	898	6	0.60625	0.5785	0.513	0.043	0.045	-0.002
ILSTS045	1094	6	0.633	0.6225	0.5555	0.082	0.116	-0.039
ILSTS058	814	11	0.7325	0.7455	0.7045	0.032	0.107	-0.084
ILSTS059	1111	4	0.50975	0.4965	0.4215	0.083	0.069	0.016
ILSTS087	1070	9	0.524	0.49075	0.46025	0.022	0.079	-0.062
INRA003	919	3	0.574	0.5	0.39475	0.028	0.068	-0.043
INRA005	957	4	0.52125	0.47075	0.37075	-0.027	0.098	-0.139
INRA006	1052	11	0.7745	0.74025	0.698	0.003	0.06	-0.06
INRA011	1097	23	0.74225	0.73125	0.70475	0.038	0.093	-0.061
INRA040	644	8	0.56575	0.5905	0.5525	0.011	0.034	-0.024
INRA063	1082	5	0.6705	0.66775	0.60525	0.032	0.033	-0.002
INRA177	858	9	0.45375	0.4435	0.396	0	0.054	-0.057
INRA206	729	8	0.76	0.7595	0.71875	0.033	0.059	-0.027
INRA210	820	7	0.44875	0.44275	0.38925	0.099	0.103	-0.004
INRABERN192	912	8	0.72525	0.66	0.616	0.025	0.102	-0.086
INRABERN172	1072	6	0.7265	0.6965	0.64925	0.003	0.036	-0.034
LSCV25	877	10	0.738	0.76375	0.728	0.112	0.055	0.06
LSCV36	1098	7	0.62625	0.60725	0.5515	0.001	0.025	-0.024
LSCV46	1114	3	0.284	0.2455	0.22	-0.126	0.009	-0.137

Continued

**Table 2.** Continued

Locus	No. of samples	<i>k</i>	Hobs	HExp	PIC	<i>F</i> ( <i>F<sub>IT</sub></i> )	$\theta$ ( <i>F<sub>ST</sub></i> )	<i>f</i> ( <i>F<sub>IS</sub></i> )
LSCV52	1114	7	0.71375	0.68025	0.62225	-0.02	0.025	-0.046
MAF050	894	9	0.74125	0.74325	0.69725	0.02	0.036	-0.016
MAF214	646	12	0.649	0.6745	0.61975	0.19	0.143	0.055
MAF64	1084	7	0.77525	0.75125	0.71125	0.043	0.072	-0.032
MAF70	1083	8	0.70925	0.6875	0.637	0.044	0.083	-0.043
MCM104	1115	6	0.7095	0.659	0.60425	0.003	0.075	-0.079
MCM136	1118	3	0.36425	0.358	0.3005	0.157	0.154	0.003
MCM210	788	6	0.57775	0.535	0.4655	0.03	0.078	-0.051
MCM527	923	5	0.64275	0.63225	0.5685	0.07	0.112	-0.047
MCM58	909	17	0.7455	0.73925	0.701	0.036	0.04	-0.004
MCM64	734	9	0.599	0.56025	0.52	0.08	0.116	-0.041
OARAE129	935	4	0.558	0.5635	0.4755	0.093	0.072	0.023
OARCP26	955	7	0.4475	0.525	0.47525	0.16	0.034	0.131
OARCP34	1004	8	0.74925	0.72025	0.67925	0.027	0.073	-0.049
OARCP73	719	15	0.837	0.801	0.7715	0.015	0.057	-0.044
OARFCB005	961	9	0.3515	0.412	0.3795	0.082	0.045	0.039
OARFCB11	891	4	0.34975	0.4195	0.354	0.106	0.035	0.074
OARFCB193	1032	6	0.703	0.66625	0.6205	0.017	0.1	-0.092
OARFCB48	898	8	0.76775	0.70425	0.65525	0.028	0.066	-0.04
OARHH35	728	10	0.77575	0.758	0.7195	0.005	0.031	-0.027
OARHH64	819	6	0.6805	0.68675	0.6285	0.049	0.053	-0.004
OARVH098	949	6	0.69325	0.69575	0.64425	0.098	0.101	-0.003
OLADRB	767	13	0.73825	0.72375	0.67775	0.022	0.051	-0.03
SRCRSP05	1111	8	0.75775	0.74475	0.7075	0.071	0.147	-0.09
SRCRSP08	1089	8	0.64	0.6255	0.57475	-0.005	0.063	-0.072
SRCRSP09	1073	9	0.73725	0.65975	0.604	0.02	0.139	-0.139
SRCRSP10	1098	11	0.775	0.727	0.68275	0.009	0.039	-0.031
SRCRSP24	1083	8	0.73475	0.69225	0.65825	0.02	0.064	-0.047
TGLA040	903	6	0.5135	0.55025	0.496	0.12	0.095	0.027
TGLA179	1088	9	0.82975	0.773	0.74075	-0.022	0.046	-0.072
TGLA304	977	8	0.6695	0.618	0.55525	0.007	0.067	-0.065
Over all loci		7.989	0.6346356	0.6210346	0.56934574	0.04	0.069	-0.031

herds (Table 3) were on the same order as that reported by Martinez *et al.* (2006) for Canary goat populations; but they were lower compared to values reported by Iamartino *et al.* (2005) for Italian goat populations, Li *et al.* (2008) for Chinese goat breeds and Dalvit *et al.* (2008) for Alpine sheep breeds. With regards to population subdivision, the  $F_{ST}$  value (0.182) for herd 2 indicated a reduction of heterozygosity which supports the unbiased heterozygosity estimation (Hartl, 1988). These levels of heterozygosity exceeded expectations as the Angora goat population in South Africa is relatively small, and high selection pressure has been applied to the animals over several generations.

The population structure and level of admixture were estimated using the *structure* program. The most likely number of clusters ( $K$ ) was four (Figure 1) and inferred by

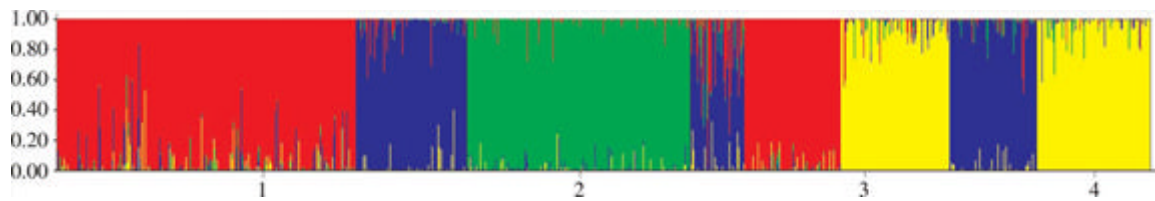
the  $\ln Pr(X/K)$  value. The variability of this value across runs for a given  $K$  gives a good indication of the most likely number of clusters for the population. The smallest  $K$  with the least variability is often the one that best explains the data (Pritchard *et al.*, 2000; Sollero *et al.*, 2009), as was the case when  $K = 4$ .

Table 4 shows the proportion of individuals of each of the herds in the four most likely clusters inferred by the *structure* program, and this corresponded to the four different herds included in the study. Herd 1 were mostly divided between clusters 1 (69%) and 3 (28%). A total of 97% of herd 2 was assigned together in cluster 2, whereas 96% of the population of herd 4 belonged to cluster 4. Animals in herd 3 were almost equally divided amongst clusters 1 (31%), 3 (36%) and 4 (31%). The considerable gene flow between herds 1 and 3 (as well as their almost

**Table 3.** Measures of genetic variation in the population studied.

Herd	Sample size	Loci typed	Unbiased Hz $\pm$ SD	Obs Hz $\pm$ SD	No. of alleles	$F_{ST}$
1	400	94	0.627 $\pm$ 0.015	0.637 $\pm$ 0.003	6.98	0.0658
2	218	93	0.565 $\pm$ 0.018	0.592 $\pm$ 0.004	5.41	0.1818
3	338	94	0.633 $\pm$ 0.014	0.652 $\pm$ 0.003	7.21	0.0659
4	111	93	0.634 $\pm$ 0.016	0.671 $\pm$ 0.005	6.87	0.0486

Note: Hz, heterozygosity.



**Figure 1.** A summary plot of the estimates of  $Q$ . Each individual is represented by a single vertical line broken into  $K$  coloured segments, with lengths proportional to each of the four inferred clusters. The numbers (1–4) correspond to the herds.

**Table 4.** Proportion of membership of the analysed goat herds in each of the four clusters inferred in the *structure* program.

Herd	Inferred clusters				$N$
	1	2	3	4	
1	<b>0.691</b>	0.008	0.281	0.020	400
2	0.011	<b>0.969</b>	0.010	0.010	218
3	0.310	0.020	<b>0.360</b>	0.311	338
4	0.007	0.018	0.013	<b>0.962</b>	111

identical  $F_{ST}$  values) are most likely due to interchanging bucks during successive mating seasons, resulting in a lack of divergence attributable to the recent common ancestors of offspring. In contrast, herd 2 formed an individual cluster with a high  $F_{ST}$  value, that was probably due to the breeder buying in new bucks on an annual or bi-annual basis. The sources of this new genetic material are probably not included in this study.

The genetic structure of these herds was appropriate for use as reference populations because the genetic diversity was sufficient and the herds showed a level of differentiation. The levels of genetic diversity compared favourably with genetic diversity studies performed previously on various goat populations, indicating that there is a possibility to exploit natural variation on the molecular level within the population for improved production.

Current selection in the Angora goat breed in South Africa aims to establish a balance between production and survival traits because there is a limit to the harshness of the environment in which animals can produce viable amounts of mohair and a limit to the quality of mohair that such an adapted animal will be able to produce. Although the focus of the current project is on mohair production, all recorded traits (including body weights and efficiency parameters) will be included in future research programs. South Africa needs to develop a competitive, sustainable fast-growing economy and therefore needs to apply available modern technology. This study was the first attempt to explore the genetic variation available within the Angora goat reference population.

## Conclusion

This study confirmed that there is sufficient genetic diversity within the South African Angora goat reference population to utilise molecular research in the genetic improvement of

the breed. The establishment of this reference population forms part of a comprehensive, integrated approach in which both quantitative and molecular tools are applied for genetic improvement of South African Angora goats. An in-depth knowledge of the genetic diversity of the analysed populations will help to structure future molecular studies on this newly established reference population.

## Acknowledgements

The authors convey their sincere appreciation to Drs H. Bovenhuis and R.M. Crooijmans of the Animal Breeding and Genetics Group, Wageningen University and Research Centre, for their expertise and contribution to the South African Angora study, mainly focussing on the QTL identification project.

## References

- Andersson, L. (2001) Genetic dissection of phenotypic diversity in farm animals. *Nature Review of Genetics* 2, 130–138.
- Beuzen, N.D., Stear, M.J., and Chang, K.C. (2000) Molecular markers and their use in animal breeding. *Veterinary Journal* 160, 45–52.
- Boichard, D., Fritz, S., Rossignol, M.N., Guillaume, F., Colleau, J.J., and Druet, T. (2006) Implementation of marker-assisted selection: Practical lessons from dairy cattle. Presented at the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 13–18 August, Belo Horizonte, MG, Brazil.
- Bovenhuis, H. (2005) *Power of a Daughter Design statistical program*. Animal Breeding and Genetics Group, Wageningen UR, The Netherlands.
- Casas, E., Lunstra, D.D., and Stone, R.T. (2004) Quantitative trait loci for male reproductive traits in beef cattle. *Animal Genetics* 35, 451–453.
- Dalvit, C., Sacca, E., Cassandro, M., Gervaso, M., Pastore, E., and Piasentier, E. (2008) Genetic diversity and variability in Alpine sheep breeds. *Small Ruminant Research* 80, 45–51.

- Goudet, J.** (1995) FSTAT (version 2.9.3): A computer programme to calculate *F*-statistics. *Journal of Heredity* 8, 485–486.
- Gour, D.S., Malik, G., Ahlawat, S.P.S., Pandey, A.K., Sharma, R., Gupta, N., Gupta, S.C., Bisen, P.S., and Kumar, D.** (2006) Analysis of genetic structure of Jamunapari goats by microsatellite markers. *Small Ruminant Research* 66, 140–149.
- Hartl, D.L.** (1988) *A Primer of Population Genetics* (2nd ed.). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA. p. 78.
- Iamartino, D., Bruzzone, A., Lanza, A., Blasi, M., and Pilla, F.** (2005) Genetic diversity of southern Italian goat populations assessed by microsatellite markers. *Small Ruminant Research* 57, 249–255.
- Kumar, D., Dixit, S.P., Sharma, R., Pandey, A.K., Sirohi, G., Patel, A. K., Aggarwal, R.A.K., Verma, N.K., Gour, D.S., and Ahlawat, S. P.S.** (2005) Population structure, genetic variation and management of Marwari goats. *Small Ruminant Research* 59, 41–48.
- Li, J.Y., Chen, H., Lan, X.Y., Kong, X.J., and Min, L.J.** (2008) Genetic diversity of five Chinese goat breeds assessed by microsatellite markers. *Czech Journal of Animal Science* 53, 315–319.
- Loots, F.** (2007) Seisoenoorsig. *Angora Goat and Mohair Journal* 50, 11.
- Maddox, J.F., and Cockett, N.E.** (2007) An update on sheep and goat linkage maps and other genomic resources. *Small Ruminant Research* 70, 4–20.
- Marshall, T.C., Slate, J., Kruuk, L.E.B., and Pemberton, J.M.** 1998. Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. *Molecular Ecology* 7, 639–655.
- Martinez, A.M., Acosta, J., Vega-Pla, J.L., and Delgado, J.V.** (2006) Analysis of the genetic structure of the Canary goat populations using microsatellites. *Livestock Science* 102, 140–145.
- Park, S.D.E.** (2001) Trypanotolerance in West African cattle and the population genetic effects of selection. Phd thesis, University of Dublin.
- Pritchard, J.K., Stephens, M., and Donnelly, P.** (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155, 945–959.
- Purvis, I.W., and Jeffery, N.** (2007) Genetics of fibre production in sheep and goats. *Small Ruminant Research* 70, 42–47.
- Qi, Y., Luo, J., Han, X., Zhu, Y., Chen, C., Liu, J., and Sheng, H.** (2009) Genetic diversity and relationships of 10 Chinese goat breeds in Middle and Western China. *Small Ruminant Research* 82, 88–93.
- Snyman, M.A.** (2002) Evaluation of a genetically fine mohair producing herd. *Small Ruminant Research* 43, 105–113.
- Snyman, M.A., and Olivier, J.J.** (1996) Genetic parameters for body weight, fleece weight and fibre diameter in South African Angora goats. *Livestock Production Science* 47, 1–6.
- Sollero, B.P., Paiva, S.R., Faria, D.A., Guimaraes, S.E.F., Castro, S.T. R., Egito, A.A., Albuquerque, M.S.M., Piovezan, U., Bertani, G. R., and Mariante, A.d.S.** (2009) Genetic diversity of Brazilian pig breeds evidenced by microsatellite markers. *Livestock Science* 123, 8–15.
- Sonstegard, T.S., van Tassel, C.P., and Ashwell, M.S.** (2001) Dairy cattle genomics: Tools to accelerate genetic improvement? *Journal of Animal Science* 79(Suppl), E307–E315.
- Traore, A., Alvarez, I., Tamboura, H.H., Fernandez, I., Kabore, A., Royo, L.J., Gutierrez, J.P., Sangare, M., Ouedraogo-Sanou, G., Toguyeni, A., Sawadogo, L., and Goyache, F.** (2009) Genetic characterization of Burkino Faso goats using microsatellite polymorphism. *Livestock Science* 123, 322–328.
- Tuiskula-Haavisto, M., Honkatukia, M., Vilkki, J., de Koning, D.J., Schulman, N.F., and Maki-Tanila, A.** (2002) Mapping of quantitative trait loci affecting quality and production traits in egg layers. *Poultry Science* 81, 919–927.
- Weller, J.I.** (2001) *Quantitative Trait Loci Analysis in Animals*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Wright, S.** (1978) *Evolution and the Genetics of Populations. Variability within and among Natural Populations* (Vol. 4). University of Chicago Press, Chicago.





# Editorial Policies and Procedures

The mission of the Animal Genetic Resources Information Bulletin (AGRI) is the promotion of information on the better use of animal genetic resources of interest to food and agriculture production, under the Global Strategy for the Management of Farm Animal Genetic Resources. All aspects of the characterization, conservation and utilization of these resources are included, in accordance with the Convention on Biological Diversity. AGRI will highlight information on the genetic, phenotypic and economic surveying and comparative description, use, development and maintenance of animal genetic resources; and on the development of operational strategies and procedures which enable their more cost-effective management. In doing this AGRI will give special attention to contributions dealing with breeds and procedures capable of contributing to the sustainable intensification of the world's medium to low input production environments (agro-ecosystems), which account for the substantial majority of the land area involved in livestock production; the total production of food and agriculture from livestock; and of our remaining farm animal genetic resources.

Views expressed in the paper published in AGRI represent the opinions of the author(s) and do not necessarily reflect those of the institutions which the authors are affiliated, FAO or the Editors.

The suitability of manuscripts for publication in AGRI is judged by the Editors and reviewers.

## Electronic Publication

AGRI is available in full electronically on the Internet, in addition to being published in hard copy, at: <<<http://www.fao.org/dad-is>>>

## Types of Articles

The following types of articles are published in AGRI.

### Research articles

Findings of work on characterization, conservation and utilization of farm animal genetic resources (AnGR) in well described production environments, will be considered for publication in AGRI. Quality photographs of these genetic resources viewed in the primary production environment to which they are adapted, accompanying the manuscripts are encouraged.

### Review articles

Unsolicited articles reviewing agro-ecosystems, country-level, regional or global developments on one or more

aspects of the management of animal genetic resources, including state-of-the-art review articles on specific fields in AnGR, will be considered for publication in AGRI.

### Position papers

Solicited papers on topical issues will also be published as deemed required.

### Other published material

This includes book reviews, news and notes covering relevant meetings, training courses and major national, regional and international events and conclusions and recommendations associated with the outcomes of these major events. Readers are encouraged to send such items to the editors.

## Guidelines for Authors

### Manuscript submission

Manuscripts prepared in English, French or Spanish with an English summary and another summary in either French or Spanish, should be submitted to AGRI Editor, AGAP, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy. Additionally the manuscript must be sent as a WinWord Electronic Mail attachment to [agri-bulletin@fao.org](mailto:agri-bulletin@fao.org). Photographs, coloured or black and white, and figures must be always sent by mail.

Manuscripts should be typed double-spaced and with lines numbered in the left margin. All pages, including those of references, tables etc., must be consecutively numbered. The corresponding author is notified of the receipt of a manuscript.

For manuscripts that are accepted after revision, authors are encouraged to submit a last version (3½" disc format) in Word 6.0 for Windows of their revised manuscript along with the printed copy.

### *Preparation of the manuscript*

The first page of the manuscript must include the running head (abbreviated title), title, names of authors, institutions, full addresses including postal codes and telephone number and other communication details (fax, e-mail, etc.) of the corresponding author. The running head not exceeding 45 characters plus spaces, should appear at the top of page 1 of the manuscript entirely in capital letters. The title of the manuscript is typed in upper and lower case letters. The title should be as brief as possible not exceeding 150 characters (including spaces) with species names when applicable. Authors, institutions and addresses are in upper and lower case italics. There is one blank line between the title and the authors.

Addresses are typed as footnotes to the authors after leaving one blank line. Footnotes are designated numerically. Two lines are left below the footnotes.

### Headings

Headings of sections, for example Summary, Introduction, etc., are left-justified. Leave two blank lines between addresses footnotes and Summary and between the heading Summary and its text. Summary should not exceed 200 words. It should be an objective summary briefly describing the procedures and findings and not simply stating that the study was carried on such and such and results are presented, etc. Leave one line between the summary text and Keywords which is written in italics as well as the keywords themselves. All headings of sections (14 regular) and sub-sections (12 regular) are typed bold and preceded and succeeded by one blank line and their text begins with no indentation. The heading of a sub-subsection is written in italics, and ends with a dot after which the text follows on the same line. Keywords come immediately after the summaries. They should be no more than six, with no “and” or “&”.

### Tables and figures

Tables and figures must be enclosed with the paper and attached at the end of the text according their citation in the document. Photos will not be returned

### Tables

Tables, including footnotes, should be preceded and succeeded by 2 blank lines. Table number and caption are written, above the table, in italics (12) followed by a dot, then one blank line. For each column or line title or sub-title, only the 1st letter of the 1st word is capitalized. Tables should be numbered consecutively in Arabic numerals. Tables and captions should be left justified as is the text. Use horizontal or vertical lines only when necessary. Do not use tabs or space-bar to create a table but only the appropriate commands.

### Figures

Figures including titles and legends should be preceded and succeeded by two blank lines. Figure number and

title are written, below the figure, in italics (12) and end with a dot. The term figures includes photos, line drawings, maps, diagrams etc.

All the submitted diagrams, must be accompanied with the original matrix of the data used to create them. It is strongly advised to submit diagrams in Word 6.0 or Excel 5.0. Figures should be numbered consecutively in Arabic numerals.

### References

Every reference cited in the text should be included in the reference list and every reference in the reference list should have been mentioned in the text at least once. References should be ordered firstly alphabetically by the first author’s surname and secondly by year.

- Example for reference in a periodical is: Köhler-Rollefson, I. 1992. The camel breeds of India in social and historical perspective. *Animal Genetic Resources Information* 10, 53–64.
- When there are more than one author: Matos, C.A.P., D.L. Thomas, D. Gianola, R.J. Tempelman & L.D. Young. 1997. Genetic analysis of discrete reproductive traits in sheep using linear and nonlinear models: 1. Estimation of genetic parameters 75, 76–87.
- For a book or an ad hoc publication, e.g., reports, theses, etc.: Cockrill, W.R. (Ed.). 1994. *The Husbandry and Health of the Domestic Buffalo*. FAO, Rome, Italy, pp 993.
- For an article in the proceedings of a meeting: Hammond, K. 1996. FAO’s programme for the management of farm animal genetic resources. In C. Devendra (Ed.), *Proceedings of IGA/FAO Round Table on the Global Management of Small Ruminant Genetic Resources*, Beijing, May 1996, FAO, Bangkok, Thailand, 4-13.
- Where information included in the article has been obtained or derived from a World Wide Web site, then quote in the text, e.g. “derived from FAO. 1996” and in the References quote the URL standard form: FAO. 1996. *Domestic Animal Diversity Information System*, <http://www.fao.org/dad-is/>, FAO, Rome, Italy.

For all future manuscript dispatch and correspondence regarding AGRI, please use the following mailbox:

[agri-bulletin@fao.org](mailto:agri-bulletin@fao.org)

Thanks for the collaboration

# Normes et règles éditoriales

L'objectif du Bulletin d'information sur les ressources génétiques animales (AGRI) est la vulgarisation de l'information disponible sur la meilleure gestion des ressources génétiques animales d'intérêt pour la production alimentaire et agricole, d'après les recommandations de la Stratégie mondiale pour la gestion des ressources génétiques des animaux domestiques. Tous les aspects relatifs à la caractérisation, la conservation et l'utilisation de ces ressources seront pris en considération, suivant les normes de la Convention pour la Biodiversité.

AGRI désire diffuser de l'information sur la génétique, les enquêtes phénotypiques et économiques et les descriptions comparatives, l'utilisation et la conservation des ressources génétiques animales, ainsi que toute information sur le développement de stratégies opérationnelles et de normes qui puissent permettre une meilleure gestion de la relation coût/efficacité. C'est pour cela que AGRI prendra spécialement en considération toutes les contributions référées aux races et aux normes capables de permettre une intensification durable des milieux (agroécosystèmes) à revenus moyens et bas dans le monde; qui comprennent la majeure partie des terres consacrées à l'élevage, à la production totale des aliments et l'agriculture provenant de l'élevage; et tout ce qui reste comme ressources génétiques des animaux domestiques.

Les opinions exprimées dans les articles publiés dans AGRI appartiennent seulement aux auteurs et donc ne représentent pas nécessairement l'opinion des instituts pour lesquels ils travaillent, la FAO ou les éditeurs.

L'opportunité ou non de publier un article dans AGRI sera jugée par les éditeurs et les réviseurs.

## Publication électronique

En plus de sa version imprimée, la version totale de AGRI se trouve disponible sur Internet, sur le site:

<http://www.fao.org/dad-is/>

## Types d'articles

Les articles suivants pourront être publiés sur AGRI.

### Articles de recherche

Seront prises en considération pour leur publication sur AGRI les études sur la caractérisation, la conservation et l'utilisation des ressources génétiques des animaux domestiques (AnGR) accompagnées d'une bonne description du milieu. On encourage les auteurs à envoyer des photographies de bonne qualité qui montrent les races en question dans leur milieu naturel de production.

## Révisions

Occasionnellement, des articles contenant une révision des agroécosystèmes, au niveau national, régional ou mondial, avec un ou plusieurs aspects se rapportant à la gestion des ressources génétiques animales, y compris les mises à jour des différentes zones de AnGR, seront pris en considération.

## Articles spécifiques

Ponctuellement, des articles sur des thèmes spécifiques pourront être demandés pour la publication d'éditions spéciales.

## Autre matériel pour publication

Ceci comprend la révision de livres, nouvelles et notes de réunions importantes, cours de formation et principaux événements nationaux, régionaux et internationaux; ainsi que les conclusions et recommandation par rapport aux objectifs de ces principaux événements. Les auteurs sont priés d'envoyer ce genre de matériel aux éditeurs.

## Guide pour les auteurs

### Présentation du manuscrit

Les articles se présenteront en anglais, français ou espagnol, avec un résumé en anglais et sa traduction en français ou en espagnol; ils seront envoyés à l'éditeur de AGRI, AGAP, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie. En outre, l'article devra être envoyé par courrier électronique comme document attaché en version WinWord à [agri-bulletin@fao.org](mailto:agri-bulletin@fao.org). Les photographies, en couleur ou en blanc et noir, seront toujours envoyées par courrier normal.

Les manuscrits se présenteront à double interligne et avec le numéro correspondant à chaque ligne sur la marge gauche. Toutes les pages seront numérotées, y compris celles avec les références bibliographiques, les tableaux, etc. L'auteur recevra une lettre lui donnant bonne réception de son document.

Lorsqu'un article, après sa révision, sera accepté, on demandera à l'auteur d'envoyer la version finale révisée sur disquette (format 31/2") en Word 6.0 x Windows, ainsi qu'une copie sur papier.

### Préparation du manuscrit

Sur la première page du manuscrit on indiquera le titre de l'article en abrégé, le titre et noms des auteurs, des institutions, les adresses complètes (y compris code postal et numéro de téléphone); ainsi que tout autre moyen de contact tel que télécopie, courriel, etc. avec l'auteur principal.

Le titre abrégé ne devra pas dépasser 45 caractères, plus les espaces nécessaires, et s'écrira sur la partie supérieure de la page 1 du manuscrit en majuscules. Le titre en entier du manuscrit sera écrit en majuscules et minuscules; il devra être aussi bref que possible, sans dépasser 150 caractères (y compris les espaces nécessaires), et avec l'indication des noms des espèces. Les noms des auteurs, des institutions et les adresses seront en italique et en lettres majuscules et minuscules. On laissera un espace en blanc entre le titre et les noms des auteurs. Les adresses seront indiquées comme de bas à pied de page pour chacun des auteurs après avoir laissé un espace en blanc après les noms. Chaque note de bas de page sera numérotée. On laissera deux espaces en blanc après les adresses.

### Titres

Les titres de chaque chapitre, par exemple Résumé, Introduction, etc. seront alignés à gauche. Laisser deux espaces en blanc entre les notes de bas de page avec les adresses et le Résumé, et entre le titre Résumé et le texte qui suit. Le résumé ne devra pas dépasser les 200 mots. Il s'agira d'un résumé objectif faisant une brève description des processus utilisés et des résultats obtenus, et non pas une simple présentation du travail réalisé avec une description générale des résultats. Laisser un espace en blanc entre la fin du texte du résumé et les mots clés, qui seront écrits en italique ainsi que le titre Mots clés. Les mots clés seront au maximum six et il ne devra pas y avoir de et ou &. Tous les titres principaux de chapitre (14 regular) et sous-chapitre (12 regular) seront en gras avec un espace en blanc avant et après. Le texte commencera sans retrait. Un titre à l'intérieur d'un sous-chapitre s'écrira en italique, suivi d'un point, avec le texte à continuation.

### Tableaux et figures

Les tableaux et les figures iront à la fin du texte en suivant l'ordre d'apparition dans le texte. Les photographies ne seront pas dévolues aux auteurs.

### Tableaux

Les tableaux, y compris les notes de bas de page, devront avoir un espace en blanc avant et après. Le numéro du tableau et le titre s'écriront sur la partie supérieure en italique (12) avec un point à la fin et un espace en blanc en dessous. Sur chaque colonne, titre d'en-tête ou sous-titre, seulement la première lettre du premier mot sera en majuscule. Les tableaux et leur titre seront alignés à gauche,

ainsi que le texte. Les lignes verticales et horizontales seront utilisées seulement si nécessaire. Ne pas utiliser les "tabs" ou la barre d'espacement pour créer un tableau.

### Figures

Les figures, y compris les titres et les légendes, seront précédés et suivis de deux espaces en blanc. Le numéro de la figure et le titre s'écriront sur la partie supérieure en italique (12) avec un point à la fin. Sous la rubrique figure on trouvera les photographies, les graphiques, les cartes, les diagrammes, etc. Dans le cas des diagrammes, la matrice originale avec les données utilisées pour son élaboration devra être envoyée. On recommande l'utilisation de Word 6.0 ou Excel 5.0 pour la présentation des diagrammes.

### Références

Toute référence présente dans le texte devra apparaître sur la liste des références, et chaque référence de la liste aura été citée au moins une fois dans le texte. Les références iront en ordre alphabétique du nom de l'auteur, suivi de l'année.

- Exemple dans le cas d'une référence sur une revue: Köhler-Rollefson, I. 1992. The camel breeds of India in social and historical perspective. *Animal Genetic Resources Information* 10, 53–64.
- Lorsqu'il s'agit de plus d'un auteur: Matos, C.A.P., D.L. Thomas, D. Gianola, R.J. Tempelman & L.D. Young. 1997. Genetic analysis of discrete reproductive traits in sheep using linear and nonlinear models: 1. Estimation of genetic parameters 75, 76–87.
- Dans le cas d'un livre ou d'une publication ad hoc, par exemple un rapport, une thèse, etc.: Cockrill, W.R. (Ed.). 1994. *The Husbandry and Health of the Domestic Buffalo*. FAO, Rome, Italy, pp. 993.
- S'il s'agit d'un acte d'une réunion: Hammond, K. 1996. FAO's programme for the management of farm animal genetic resources. In C. Devendra (Ed.), *Proceedings of IGA/FAO Round Table on the Global Management of Small Ruminant Genetic Resources*, Beijing, May 1996, FAO, Bangkok, Thailand, 4–13.
- Lorsque l'information contenue dans l'article ait été obtenue ou dérive d'un site World Wide Web, il faudra mettre le texte entre guillemets; par exemple "tiré de la FAO. 1996" et indiquer dans les Références la forme standard URL: FAO. 1996. *Domestic Animal Diversity Information System*, <http://www.fao.org/dad-is/>, FAO, Rome, Italy.

Pour tout envoi de manuscrits ou correspondance au sujet d'AGRI, vous êtes prié d'utiliser l'adresse suivante:

[agri-bulletin@fao.org](mailto:agri-bulletin@fao.org)

Merci pour votre collaboration

# Reglas y normas editoriales

El objetivo del Boletín de Información sobre Recursos Genéticos Animales (AGRI) es la divulgación de la información sobre una mejor gestión de los recursos genéticos animales de interés para la producción alimentaria y agrícola, siguiendo la Estrategia Mundial para la Gestión de los Recursos Genéticos de los Animales Domésticos. Todos los aspectos referidos a la caracterización, la conservación y el uso de estos recursos serán tomados en consideración, de acuerdo con el Convenio sobre la diversidad biológica.

AGRI publicará información sobre genética, encuestas fenotípicas y económicas y descripciones comparativas, uso, desarrollo y conservación de los recursos genéticos animales, así como sobre el desarrollo de estrategias operacionales y normas que permitan una gestión más eficaz de la relación costo/eficacia. Por ello, AGRI prestará especial atención a las contribuciones referidas a razas y normas capaces de contribuir a la intensificación sostenible de los medios (agroecosistemas) con ingresos medios y bajos en el mundo, que comprenden casi la mayor parte de las tierras dedicadas a la producción ganadera; la producción total de alimentos y agricultura provenientes de la ganadería; y el resto de los recursos genéticos de animales domésticos.

Los puntos de vista expresados en los artículos publicados en AGRI son solamente las opiniones de los autores y, por tanto, no reflejan necesariamente la opinión de las instituciones para las cuales trabajan dichos autores, de la FAO o de los editores.

La oportunidad o no de publicar un artículo en AGRI será juzgada por los editores y revisores.

## Publicación electrónica

Además de su publicación impresa, la versión íntegra de AGRI se encuentra disponible electrónicamente en Internet, en el sitio: [www.fao.org/dad-is/](http://www.fao.org/dad-is/)

## Tipos de artículos

Serán publicados en AGRI los siguientes tipos de artículos:

### Artículos sobre investigación

Se tomarán en consideración para su publicación en AGRI los estudios sobre la caracterización, conservación y uso de los recursos genéticos de los animales domésticos (AnGR) con una buena descripción del entorno. Se agradecerá el envío de fotografías de calidad que presenten a las razas en cuestión en su ambiente natural de producción.

### Artículos de revisión

Se podrán tomar en consideración ocasionalmente aquellos artículos que presenten una revisión de los agroecosistemas, a nivel nacional, regional o mundial, con el desarrollo de uno o más aspectos referidos a la gestión de los recursos genéticos animales, incluidas las revisiones sobre el estado actual de las distintas áreas de AnGR.

### Artículos específicos

Se solicitarán puntualmente artículos sobre temas específicos para ediciones especiales.

### Otro material para publicación

Incluye la revisión de libros, noticias y notas referidas a reuniones importantes, cursos de formación y principales eventos nacionales, regionales e internacionales, así como conclusiones y recomendaciones relacionadas con los objetivos de estos principales eventos. Se invita a los lectores a enviar este tipo de material a los editores.

## Guía para los autores

### Presentación del manuscrito

Los artículos se presentarán en inglés, francés o español, junto con un resumen en inglés y su traducción en francés o español, y se enviarán al editor de AGRI, AGAP, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia. El artículo deberá ser enviado en versión WinWord en fichero adjunto por correo electrónico a [agri-bulletin@fao.org](mailto:agri-bulletin@fao.org). Las fotografías, color o en blanco y negro, se enviarán siempre por correo normal.

Los manuscritos se presentarán con doble espacio y con el número correspondiente a cada línea en el margen izquierdo. Todas las páginas serán numeradas, incluidas las de las referencias bibliográficas, cuadros, etc. El autor recibirá una notificación sobre la recepción de su documento.

En el caso de aceptación de un artículo después de su revisión, se solicitará al autor una versión final de su artículo revisado en disquete (formato 31/2") en Word 6.0 × Windows, así como una copia impresa del mismo.

### Preparación del manuscrito

En la primera página del manuscrito se indicará el título abreviado del artículo, títulos y nombres de los autores, instituciones, direcciones completas (incluido código postal y número de teléfono); así como otros medios de contacto tales como fax, correo electrónico, etc. del autor principal. El título abreviado no deberá sobrepasar los 45 caracteres más los espacios correspondientes, y aparecerá en la parte

superior de la página 1 del manuscrito en mayúsculas. El título entero del manuscrito se escribirá en mayúsculas y minúsculas. Dicho título debe ser lo más breve posible y no sobrepasar los 150 caracteres (incluidos los espacios necesarios), con los nombres de las especies, si necesario. Los nombres de los autores, instituciones y direcciones se escribirán en cursiva y en letras mayúsculas y minúsculas. Se dejará una línea en blanco entre el título y los nombres de los autores. Las direcciones se escribirán como notas de pie de página de cada autor después de dejar una línea en blanco entre los nombres y éstas. Cada nota de pie de página con la dirección será indicada numéricamente. Se dejarán dos líneas en blanco después de las direcciones.

### *Títulos*

Los títulos de cada sección, por ejemplo Resumen, Introducción, etc., serán alineados a la izquierda. Dejar dos líneas en blanco entre las notas de pie de página con las direcciones y el Resumen y entre el título Resumen y el texto que sigue. El resumen no deberá exceder de 200 palabras. Deberá ser un resumen objetivo que describa brevemente los procesos y logros obtenidos, y no una presentación de cómo se ha llevado a cabo el estudio y una descripción genérica de los resultados. Dejar una línea en blanco entre el final del texto del resumen y las palabras clave, que se escribirán en cursiva así como el título Palabras clave. No deberán ser más de seis y no deberán contener “y” o “&”. Todos los títulos principales de capítulo (14 regular) y subcapítulo (12 regular) serán en negrita e irán precedidos y seguidos de una línea en blanco. El texto correspondiente empezará sin sangrado. Un título dentro de un subcapítulo se escribirá en cursiva e irá seguido de un punto con a continuación el texto correspondiente.

### Cuadros y figuras

Los cuadros y las figuras se incluirán al final del texto siguiendo el orden de cita dentro del mismo. Las fotografías no serán devueltas a sus autores.

### *Cuadros*

Los cuadros, incluidas las notas de pie de página, deberán ir precedidos y seguidos por dos líneas en blanco. El número del cuadro y su título se escribirán en la parte superior en cursiva (12) con un punto al final y seguido de una línea en blanco. En cada columna o título de encabezamiento o subtítulo, sólo la primera letra de la primera palabra irá en mayúscula. Los cuadros irán numerados de forma consecutiva con números árabes. Los cuadros y sus títulos se alinearán a la izquierda, así como el texto. Se

utilizarán líneas horizontales o verticales sólo cuando sea necesario. No utilizar tabuladores o la barra espaciadora para crear un cuadro.

### *Figuras*

Las figuras, incluidos los títulos y leyendas, irán precedidas y seguidas de dos líneas en blanco. El número de la figura y el título se escribirán en la parte superior en cursiva (12) con un punto al final. La palabra figura incluye las fotografías, los gráficos, los mapas, los diagramas, etc. En el caso del diagrama se enviará la matriz original con los datos utilizados para crearlo. Se recomienda encarecidamente la utilización de Word 6.0 o Excel 5.0 para la presentación de los diagramas.

## Referencias

Toda referencia presente en el texto deberá aparecer en la lista de referencias y, de la misma manera, cada referencia de la lista deberá haber sido citada por lo menos una vez en el texto. Las referencias deben ir en orden alfabético del apellido del autor, seguido por el año.

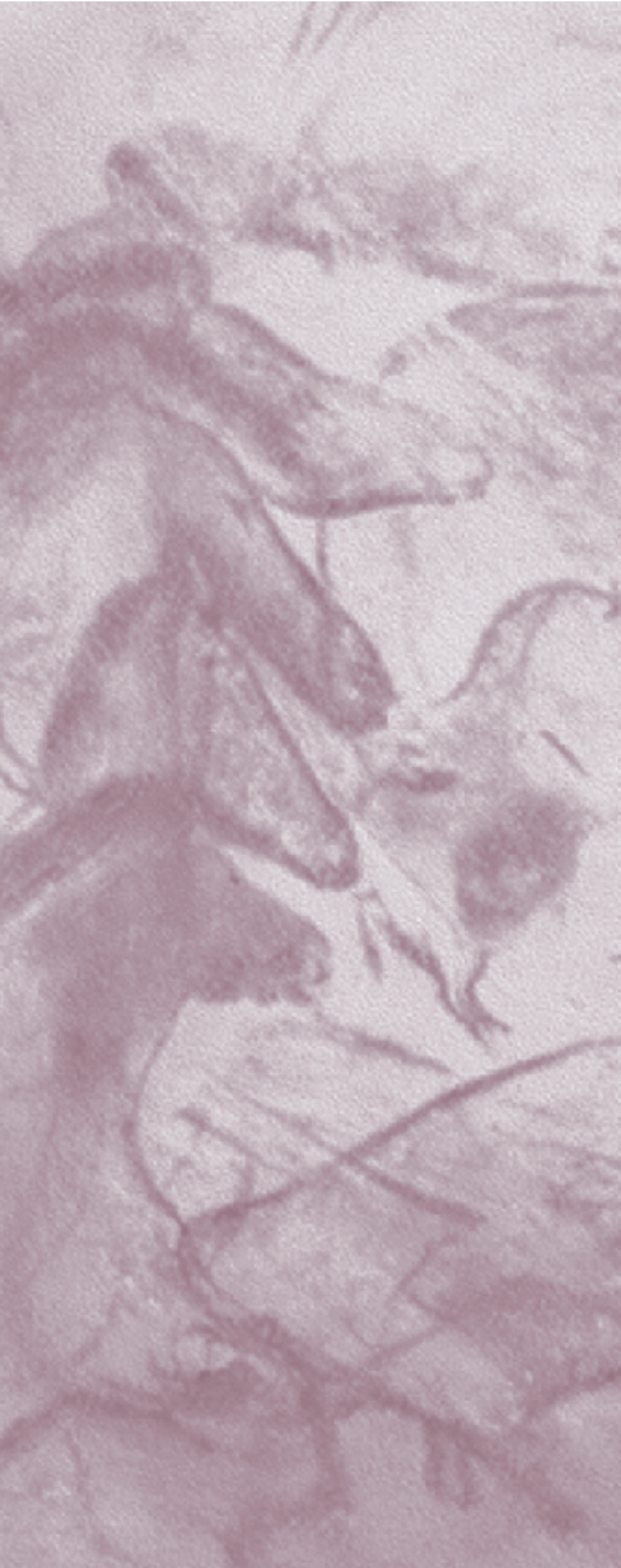
- Ejemplo en el caso de una referencia de una revista: Köhler-Rollefson, I. 1992. The camel breeds of India in social and historical perspective. *Animal Genetic Resources Information* 10, 53–64.
- Cuando se trate de más de un autor: Matos, C.A.P., D.L. Thomas, D. Gianola, R.J. Tempelman & L.D. Young. 1997. Genetic analysis of discrete reproductive traits in sheep using linear and nonlinear models: 1. Estimation of genetic parameters 75, 76–87.
- En el caso de un libro o de una publicación ad hoc, por ejemplo informes, tesis, etc.: Cockrill, W.R. (Ed.). 1994. *The Husbandry and Health of the Domestic Buffalo*. FAO, Rome, Italy, pp. 993.
- Cuando se trate de un artículo dentro de las actas de una reunión: Hammond, K. 1996. FAO's programme for the management of farm animal genetic resources. In C. Devendra (Ed.), *Proceedings of IGA/FAO Round Table on the Global Management of Small Ruminant Genetic Resources*, Beijing, May 1996, FAO, Bangkok, Thailand, 4–13.
- Cuando la información contenida en el artículo haya sido obtenida o derive de un sitio World Wide Web, poner el texto entre comillas; por ejemplo “sacado de la FAO. 1996” e indicar en las Referencias la forma estándar URL: FAO. 1996. *Domestic Animal Diversity Information System*, <http://www.fao.org/dad-is/>, FAO, Rome, Italy.

Se ruega enviar los manuscritos o la correspondencia relativa a  
AGRI a la dirección siguiente:

[agri-bulletin@fao.org](mailto:agri-bulletin@fao.org)

Gracias por su colaboración





ISSN 0719-9254(X) 0390-4 ISSN 1014-2339



9 789254 063414

1102T-1/10 09/2200