



Advances in Fibre Production Science in South American Camelids and other Fibre Animals

Edited by
Martina Gerken
Carlo Renieri
Daniel Allain
Hugh Galbraith
Juan Pablo Gutiérrez
Lisa McKenna
Roman Niznikowski
Maria Wurzinger



Universitätsverlag Göttingen

Martina Gerken, Carlo Renieri, Daniel Allain, Hugh Galbraith, Juan Pablo Gutiérrez, Lisa McKenna, Roman Niznikowski, Maria Wurzinger (eds.)

Advances in Fibre Production Science
in South American Camelids and other Fibre Animals

This work is licensed under a
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



Published in 2019 by Universitätsverlag Göttingen

Martina Gerken, Carlo Renieri,
Daniel Allain, Hugh Galbraith,
Juan Pablo Gutiérrez, Lisa
McKenna, Roman Niznikowski,
Maria Wurzinger (eds.)

Advances in Fibre
Production Science
in South American Camelids
and other Fibre Animals



Universitätsverlag Göttingen
2019

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available on the Internet at <http://dnb.dnb.de>.

Editors-in-chief:

Martina Gerken, Carlo Renieri, Daniel Allain, Hugh Galbraith, Juan Pablo Gutiérrez, Lisa McKenna, Roman Niznikowski, Maria Wurzinger

E-Mails: mgerken@gwdg.de; Carlo.Renieri@Unicam.it; d.allain@free.fr;
h.galbraith@abdn.ac.uk; gutgar@vet.ucm.es; lisa.mckenna@agr.uni-goettingen.de;
roman_niznikowski@sggw.pl; Maria.Wurzinger@Boku.Ac.At

Suggested citation:

M. Gerken, C. Renieri, D. Allain, H. Galbraith, J. P. Gutiérrez, L. McKenna, R. Niznikowski, M. Wurzinger (eds.) (2019): *Advances in Fibre Production Science in South American Camelids and other Fibre Animals*. Universitätsverlag Göttingen, Göttingen

This work is protected by German Intellectual Property Right Law.

It is also available as an Open Access version through the publisher's homepage and the Göttingen University Catalogue (GUK) at the Göttingen State and University Library (<https://www.sub.uni-goettingen.de>).

The license terms of the online version apply.

Revision of English language: Lisa McKenna

Revision of Spanish language and abstracts: Juan Pablo Gutiérrez

Typesetting and layout: Lisa McKenna, Marvin Heuduck, Martina Gerken

Fotos (cover, session titles): Alexander Riek and Martina Gerken

Cover design: Margo Bargheer and Jutta Pabst

© 2019 Universitätsverlag Göttingen

<https://univerlag.uni-goettingen.de>

ISBN: 978-3-86395-408-6

DOI: <https://doi.org/10.17875/gup2019-1158>

Preface

Animal fibres from South American camelids and other fibre or wool bearing species provide important products for use by the human population. The contemporary context includes the competition with petrocarbon-based artificial fibres and concern about excessive persistence of these in the natural environment. Animal fibres present highly valuable characteristics for sustainable production and processing as they are both natural and renewable. On the other hand, their use is recognised to depend on availability of appropriate quality and quantity, the production of which is underpinned by a range of sciences and processes which support development to meet market requirements.

Such support includes the efforts of the Animal Fibre Working Group (AFWG) of the European Federation of Animal Sciences (EAAP) which was instituted in 2007 and tasked with creating a network for investigation and dissemination of information in Europe and internationally. One task has been the organisation of scientific meetings, and continuing the tradition of previous European Symposia on South American camelids. These include the recent 5th Meeting in Sevilla (Spain: 2010) and 6th Meeting at EAAP, Nantes (France: 2013). References to these and other meetings, workshops and publications may be found on the AFWG website: <http://www.eaap.org/presentation/scientific-structure/commissions-working-groups/animal-fiber-working-group/>.

The present publication derives from the 7th European Symposium on South American Camelids and 3rd European Meeting on Fibre Animals (<http://www.sympcam.org/>). This meeting was held in the conference facility of the Domus Pacis Hotel, Assisi, Italy, on 12 to 14 June 2017. It was organised by Prof Dr Carlo Renieri and his colleagues Dr Attilio De Cosmo, Dr Francesco Fantuz, Dr Antonietta La Terza, Prof Alessandro Valbonesi (University of Camerino), Dr Marco Antonini (ENEA), and Maurizio Gubbiotti (University Marconi, Roma) with support from the scientific board comprising AFWG colleagues. We wish to thank Dario Pediconi, Cristina Nocelli, Irene Pazzaglia, Stefano Pallotti (University of Camerino) who helped us during the symposium. We also thank all participants who readily agreed to chair sessions or to participate in the Round Table.

We are very grateful to Loro Piana (<http://www.sympcam.org/loropiana/>) for generous funding support which enabled the attendance of international speakers and provided scholarships for three young scientists from Latin American countries.

Individual papers and abstracts, where full papers were not available, were printed from the manuscripts supplied by the authors. The assistance of Marvin Heuduck (Göttingen University) and the editors of Göttingen University Press in the editorial process is acknowledged.

Martina Gerken (Göttingen University), Carlo Renieri (University of Camerino, Italy), Daniel Allain (INRA, France), Hugh Galbraith (University of Aberdeen, UK), Juan Pablo Gutiérrez (Complutense University of Madrid, Spain), Lisa McKenna (Göttingen University), Roman Niznikowski (University of Life Sciences, Warsaw, Poland), and Maria Wurzingger (University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Vienna, Austria)

The editors

Table of contents

Preface.....	5
Sustainable Development, Climate Change and Biodiversity	
Sustainable Development of Livestock Production: What and how can Research Contribute?.....	15
<i>M. Wurzinger</i>	
Animal Fibre Production in Europe: Biology, Species, Breeds and Contemporary Utilisation.....	23
<i>H. Galbraith</i>	
Effect of Technological Alternatives in the Mitigation of Climate Change in the Aging of Alpacas above 4.000 msnm Puno-Peru	43
<i>T. Huanca, R.H. Mamani-Cato, M. Naveros and M. Gonzales</i>	
Collection of Diversity – Preserving Rare Indigenous Sheep Breeds in Germany.....	47
<i>N. Ketterle</i>	
Breeding and Genetics	
Advances in Llama (<i>Llama glama</i>) Coat Color Genetics.....	57
<i>M.S. Daverio, M. Anello, L. Vidal-Rioja and F. Di Rocco</i>	
Characterization and Expression Analysis of SLC7A11 in Llamas.....	63
<i>M. Anello, E. Fernandez, M. Silbestro, F. Veiga, L. Vidal Rioja and F. Di Rocco</i>	
PCR-RFLP Method for Testing ASIP EXON 4 Mutations in Llamas.....	71
<i>M.S. Daverio, V. Alcoela-Ersinger, M. Anello, L. Vidal-Rioja and F. Di Rocco</i>	
Heredabilidad estimada de fibras meduladas en alpaca huacaya.....	77
<i>R. Pinares, A. Cruz, R. Morante, I. Cervantes, A. Burgos, G. Gutiérrez, J.P. Gutiérrez</i>	
Performance Evaluation of Llama, Alpaca and Sheep Herds of a Community in Pasco, Peru.....	83
<i>D.M. Pizarro, G.A. Gutiérrez, J.A. Ñaupari and M. Wurzinger</i>	
The Camelid Registry LAREU: What Are We Breeding In Europe?.....	97
<i>C. Kiesling</i>	
Comparación de los criterios de selección de los productores con el reglamento oficial para llamas en el Perú	111
<i>D.Y. Calderon, M. Wurzinger, J.G. Mendoza and G.A. Gutiérrez</i>	

Selection and Evaluation of Fiber Characteristics of an Extreme Fine Alpaca Strain at Victory Farm in Missouri	121
<i>T. Wuliji</i>	
Merino Breeding Program Improves Wool Quality in US Wool Sheep Flocks	135
<i>T. Wuliji, L. Wuri, H. Glimp and T. Filbin</i>	
Selection Strategies for Fiber Quality in Alashan Cashmere Goat.....	149
<i>M. Antonini, P.R. Tang, F. Panella, G. Attard, E. Lasagna, S. Ceccobelli and F.M. Sarti</i>	
Interaction between ASIP and MC1R in Black and Brown Alpaca.....	163
<i>C. Bathrachalam, C. Nocelli, I. Pazçagla, S. Pallotti, D. Pediconi, A. La Terça and C. Renieri</i>	
Alpaca FGF5: Hypothetical Post-Transcriptional Readthrough Regulation in Skin Biopsies.....	171
<i>Pallotti S., Pediconi D., Morelli M.B., Dbaraneedharan Subramanian, Molina M.G., Antonini M., Renieri C. and La Terça A.</i>	
Alpines Steinschaf (Alpine Stonesheep)	185
<i>Christian Mendel, Isabelle A. Ketterle</i>	
Reproduction and Pathology	
The Alpaca Cria, Clinical and Immunological Aspects	195
<i>P. Walter Bravo</i>	
Addition of Seminal Plasma to Frozen-Thawed Llama Spermatozoa does not Preserve Sperm Motility.....	201
<i>Fumuso, F.G., Carretero, M.I., Chaves, M.G., Neild, D.M., Miragaya, M.H. and Giuliano, S.M.</i>	
Alpaca Semen Quality throughout the Breeding Period.....	213
<i>P. Walter Bravo, W. Garcia and V. Alarcon</i>	
The Sperm Chromatin Dispersion Assay (HALO Test) Correlates with the Tunel Technique in Llama Sperm.....	221
<i>M.I. Carretero, F.G. Fumuso, S.M. Giuliano, D.M. Neild, P. Cetica and M.H. Miragaya</i>	
Teeth in Camelids: Myths, Facts and Problems	229
<i>I. Gunsler</i>	
Nutrition	
Advances in Nutrition on Chinese Cashmere Goat: A Review.....	239
<i>Sun Haiçhona, Li Shenglia, Zhang Chongçhia, Jin Lua, Sang Dana and Zhang Chunbuaa</i>	

Alfalfa Hay Supplementation to Improve Llama Meat Production for Smallholders in Pasco Region, Peru.....	255
<i>G. Gutierrez, A. Corredor, R. Robles, J. Mendoza, V. Hidalgo and M. Wurzinger</i>	

Water Metabolism in South American Camelids	267
<i>M. Gerken, L. Brinkmann, R. Amin Runa and A. Riek</i>	

Meat and Fibre Production, Fibre Metrology

Carne y charqui de llama	279
<i>C. Ayala, G. Condori, C. Renieri, S. Pilco and J.L. Quispe</i>	

Wool Scouring in Europe: Urgent and Ecological Solutions.....	301
<i>M.T. Chauvin</i>	

Proteomic Method for Determination of Animal Hair Fibres	305
<i>C. Tonetti, S. Paoletta, D.O. Sanchez Ramirez, R.A. Carletto, C. Vineis, A. Varesano and S. Sforza</i>	

The Use of Near-infrared (NIR) Reflectance Spectroscopy to Predict Mohair Quality in Greasy Fleece Samples of Angora Goats	313
<i>D. Allain, S. Brenot, G. Awinet, B. Pena-Arnaud and P. Martin</i>	

Variability of Fiber Quality of Chinese Alashan Left Banner White Cashmere goat	325
<i>S. Pallotti, J. Wang, P. Tang, M. Antonini, Y. Lou, C. Pieramati, A. Valbonesi and C. Renieri</i>	

Effects of Year and Sampling Site on Mean Fibre Diameter of Alashan Cashmere Goat	333
<i>Marco Antonini, Jun Wang, Yujie Lou, Peirong Tang, Carlo Renieri, Irene Pazzaglia, Alessandro Valbonesi</i>	

Abstracts

Sustainable Cashmere, Pastoralism, and Coexistence with Predators in Europe ..	341
<i>N. Kravis</i>	

Efecto de la precipitación pluvial en la seja de selva y la zona alto andina de la región Puno sobre la producción ganadera de altura	342
<i>Pineda B., Zeballos J., Mamani R. and Huanca T.</i>	

Evaluation of Population and Social Composition of Vicunas (<i>Vicugna vicugna</i>) in Different Environment Sites of the Laguna Blanca Biosphere Reserve (Catamarca, Argentina)	343
<i>Riva de Neyra, L. A., Hick, M.V.H. and Frank, E. N.</i>	

Animal Welfare Problems in South American Camelids Kept in Europe	344
<i>Gauly, M.</i>	

Breeding Objectives for Alpacas of the Highlands Central of Peru	345
<i>Candio, J.R. and Gutiérrez, G.A.</i>	
Vicugna Pacos As1-Casein: Identification of New Polymorphisms at the Csn1s1 Gene	346
<i>Erhardt, G., Gu, M., Wagner, H., Di Stasio, L. and Paucillo, A.</i>	
Estimación de la heredabilidad de seis caracteres de calidad de fibra de alpacas huacaya del INIA Puno	347
<i>Mamani-Cato, R.H., Huanca, T., Pineda, M., Naveros, M. and Gallegos, R.</i>	
Effect of the Brown Coat-Coding Gene (Typr-1) on Wool and Skin Color of Żelaźnińska and Wrzosówka Sheep	348
<i>Niżnikowski, R., Świątek, M. and Zymańska, Z.</i>	
Relationship between Classes Assigned by Visual Appraisal and a Selection Index in Function of Live Weight, Fleece Weight and Fiber Diameter in Huacaya Alpacas from Pasco.....	349
<i>Corredor F.A. and Gutiérrez G.</i>	
Preliminary Comparative Analysis and Localization of <i>Bos Taurus</i> SNPS on <i>Vicugna Pacos</i> Chromosome 10 (Vpa10).....	350
<i>Farfán K.A., Gutiérrez G.A. and Ponce de León F.A.</i>	
Innovative Andrological Evaluation to Optimize the Selection of Fiber Animal.....	351
<i>Stelletta, C.</i>	
Use of Seminal Plasma on Interval to Ovulation, Susceptibility of Corpus Luteum to Prostaglandin and Improving of Reproductive Performance in Alpacas (<i>Vicugna Pacos</i>) under Peruvian Highland Conditions	352
<i>Huanca, W., Turin, J., Huanca, W.F., Mamani, C., Sanchez, S. and Cordero, A.</i>	
Induction of Superovulation in Alpacas According to the Number of Follicles Recruited to the Emergence of Follicular Wave	354
<i>Pozo A., Vásquez A., Zevallos J., Olivera L., Cordero A. and Huanca W.</i>	
Farmers Wool and Traceability	355
<i>Thompson, N.</i>	
Feed Intake and Animal Behaviour of Alpaca and Llamas Co-Grazing on Andean Highlands in Peru.....	356
<i>Hoehn D., Castro-Montoya J., Gomez C. and Dickhoefer U.</i>	
Daily and Seasonal Changes in Body Temperature and Activity Patterns of Llamas in the High Andes of Peru	358
<i>Riek, A., Stölzl, A., Marquina Bernedo, R. and Gerken, M.</i>	

Blood Levels of Phosphorus in Pubescent Alpaca (<i>Vicugna Pacos</i>) and the Effect of Dietary Phosphorus on Growth of Female Alpacas Post Weaning in Peruvian Andes	360
<i>Quispe, C.E., Ancco, E., Van Saun, R. and Gomez, C.</i>	
Digestibility of Bean Pulp Granulated in Rabbits	362
<i>Arce, O., Alagón, G., Ródenas, L., Martínez-Paredes, E., Moya, V.J., Pascual, J. and Cervera, C.</i>	
Correlation between Diameter of Fiber, Medulation and Ancestrality in Alpacas.....	363
<i>Melo, C., Zapata, C. and Bravo, W.</i>	
Apelin, a New Adipokine Acting on Hair Follicle: an Immunohistochemical Study on Ovine Skin.....	364
<i>Mercati, F., Dall'Aglio, C., Guelfi, G., Scocco, P. and Ceccarelli, P.</i>	
ICAR – Guideline for the Animal Fibre Production in Alpaca and Cashmere and New Rules for the Organization of the Fibre and Fleece Collection Centers	365
<i>Antonini, M., Pazzaglia, I., Nocelli, C., Lou, Y. and Thompson, N.</i>	
Technological Characteristics of White and Colourised Huacaya Alpaca Fibre in Apurimac, Perú	366
<i>Corredor, F.A., Bustinza, V., Machaca, V., Paucara, V., Paúcar, R. and Quispe, E.C.</i>	
The Prickling Issue in Fabrics Made of Camelid Fibres: Possible Mechanical or Genetic Solutions	367
<i>Frank E.N.</i>	
Determination of the Optimal Number of Runs Using AM2 Dehairing Technology in Fibers of Patagonian Goats (Patagonian Cashmere)	368
<i>Frank, E.N., Hick, M.V.H., Castillo, M.F. and Frondizj Seghetti, D.G.</i>	
Dehairing of Alpaca Fibres Top with Am2 Dehairing Technology	369
<i>Frank, E.N., Frondizj Seghetti, D.G., Hick, M.V.H., Castillo, M.F., Burgos, A. and Cruz, A.</i>	
Modelación de curvas de crecimiento de llamas q'ara utilizando modelos de crecimiento no lineales	370
<i>Mamani-Cato, R.H., Huanca, T., Naveros, M. and Gallegos, R.</i>	
Genetic Basis of Early Activation of Hair Follicle in Cashmere Goat: An Approach with Candidate Genes	371
<i>Pazzaglia, I., Mercati, F., Antonini, M., La Terza, A., Nocelli, C., Pallotti, S., Pediconi, D. and Renieri C.</i>	

Breeding and Genetics



Heredabilidad estimada de fibras meduladas en alpaca huacaya

R. Pinares¹, A. Cruz², R. Morante², I. Cervantes⁴, A. Burgos², G. Gutiérrez³, J.P. Gutiérrez⁴

¹Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria de la Molina – UNALM. Av. La Molina S/N. La Molina, Lima, Perú.

E-Mail: zoovet_p@hotmail.com

²Fundo Pacamarca – Inca Tops S.A, Avda. Miguel Forga 348, Arequipa, Perú.

³Programa de Mejoramiento Animal (PMA), Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM. Av. La Molina S/N. La Molina, Lima 12, Perú.

E-Mail: gustavogr@lamolina.edu.pe

⁴Departamento de Producción Animal, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n E-28040-Madrid, España.

E-Mail: gutgar@vet.ucm.es

Abstract. The aim was to estimate the heritability of medullated fibers in alpaca Huacaya. Samples from 36 fleeces of white males (0.4-10.4 years old), from Pacamarca farm (Puno, Perú) were taken. The diameter was recorded in each fiber (FD) following the IWTO-8-2011 regulation, and simultaneously the class of medullation (CM) was recorded as established in the literature (Villarroel, 1963) using the projection microscope (PM). For estimating genetic parameters of CM and FD was used an animal model with repeated measurement, the age was considered as a linear and quadratic covariate, the additive genetic effect and the permanent environmental as random effects. Continuous and threshold models were evaluated; considering 4 univariate models to estimate the heritability of CM and 4 bivariate models to estimate the heritability as well as the genetic correlation between CM and DF which were analyzed using TM software. The estimate heritability of CM was 0.36 ± 0.13 under a bivariate continuous model where CM was non-medullated versus medullated. Using the same model, the estimate genetic correlation between CM and FD was 0.93 ± 0.12 . In sum, if the amount of medullated fibers is reduced, the individual fiber diameter in alpaca fleece will decrease.

Resumen. El objetivo fue estimar la heredabilidad de fibras meduladas en alpaca Huacaya. Se tomaron muestras de 36 vellones blancos de alpacas machos (0.4-10.4 años) del fundo Pacamarca (Puno, Perú). Se registró el diámetro de cada fibra (DF) siguiendo la norma IWTO-8-2011, y simultáneamente se registró la clase de medulación (CM) según se describe en la bibliografía (Villarroel, 1963), mediante el microscopio de proyección (MP). Para la estimación de los parámetros genéticos de CM y DF, se usó un modelo animal con medidas repetidas. La edad se consideró como covariable lineal y cuadrática, el efecto gen-

ético aditivo del animal y su ambiente permanente como efectos aleatorios. Se evaluaron modelos continuos y umbrales, considerando 4 modelos univariados para estimar la heredabilidad de CM y 4 modelos bivariados para estimar las heredabilidades de CM y DF así como su correlación genética, mediante el software TM. La heredabilidad estimada de CM fue de 0.36 ± 0.13 bajo un modelo continuo bivariado donde CM se consideró en dos categorías: no medulada versus medulada. Utilizando el mismo modelo se estimó una correlación genética de 0.93 ± 0.12 entre CM y FD. En conclusión, si se reduce la cantidad de fibras meduladas por selección, también se disminuirá el diámetro individual de la fibra.

Keywords: alpaca, medullated fiber, heritability, genetic correlations

Introducción

La calidad de la fibra de alpaca es considerada mundialmente como una de las mejores para la industria textil. Sin embargo, su precio aún está lejos de otras fibras finas como la cachemira. Quizás el principal factor que reduce su valor es la presencia de fibras meduladas por lo que se ha asociado con el factor de picazón en la prendas (Frank et al., 2014). En el vellón de alpacas, incluso las fibras más finas pueden tener medulación fragmentada o discontinua.

En el fundo Pacamarca se ha realizado grandes esfuerzos para eliminar esta característica en particular. Realizando el descordado manual (eliminación de fibras meduladas) se podría reducir inmediatamente la picazón por ende mejoraría el confort de las prendas (Laime et al., 2016). Sin embargo, el descordado manual no sería rentable económicamente (Quispe et al., 2015). Por lo que se busca animales con bajo contenido de medulación en el vellón y el propósito de este trabajo fue estimar la heredabilidad y la correlación genética entre la medulación y el diámetro de cada fibra.

Materiales y métodos

Se registraron un total de 21600 fibras individuales de 36 muestras de vellones blancos de alpacas Huacaya machos entre 0.4 y 10.4 años del fundo experimental Pacamarca del Grupo Inca (Puno, Perú). El diámetro individual de fibra (FD) se registró aleatoriamente (600 fibras por animal) siguiendo la norma IWTO-8-2011 (IWTO, 2011); por microscopio de proyección (PM) se clasificaron en cinco categorías de medulación (Villaruel, 1963): no medulada, fragmentada, discontinua, continua y fuertemente medulada.

El pedigrí de los individuos registrados fue rastreado a los ancestros hasta los fundadores para completar un pedigrí de 121 individuos, con el 100 % de los padres conocidos, así como el 71 % de los abuelos, el 20 % de los bisabuelos y menos del 1 % de los bisabuelos identificados. La matriz de relaciones numéricas fue calculada utilizando el software Endog v4.8 (Gutiérrez y Goyache, 2005) donde se mostró una fuerte conexión entre los animales.

El grupo de machos fue tomado al azar, donde se observa una conexión entre ellos, justificando su representatividad en toda la población. Por otra parte, aun cuando el número de animales es escaso, el alto número de registros ayudó a obtener estimaciones confiables y la fiabilidad final de fue conocido mediante el enfoque Bayesiano que ayuda a cuantificar adecuadamente los niveles de incertidumbre, una vez que la convergencia fue probada.

La medulación aquí se ha codificado como una característica discreto. Por lo tanto, los modelos umbrales son los indicados para la estimación de los parámetros genéticos para este rasgo. Sin embargo, se ha demostrado que los modelos lineales tienen mejores resultados que los modelos umbrales cuando las bases de datos son pequeñas (Ibáñez et al., 2014).

Para la medulación las categorías evaluadas fueron: C2A, dos categorías: 1: agrupada no medulada, fragmentada y la discontinua, 2: agrupada la continua y la fuertemente medulada. C2B, dos categorías: 1: no medulada 2: agrupada todas las meduladas.

Las dos formas de clasificación se analizaron utilizando dos metodologías diferentes. El modelo lineal continuo (L) y el modelo umbral (I); la ecuación del modelo umbral fue idéntico al modelo lineal lineal, pero en este caso el vector y explica la categoría visible conocido como umbrales (Gianola, 1982). Finalmente, todas las combinaciones también fueron probadas usando 4 modelos univariados y 4 modelos bivariados que combina el diámetro de la fibra y la medulación. Así, se llevaron a cabo 8 estimaciones diferentes de componentes de varianza para la medulación.

La ecuación del modelo animal con medidas repetidas fue:

$$y = Xb + Zu + Wp + e$$

(1) donde y vector de observaciones (categoría de medulación o diámetro de fibra individual); b vector de efectos fijos: edad, edad al cuadrado; u vector de efectos genéticos aditivos; p vector de ambiente permanente; e vector de efectos residuales; X , Z y W son matrices de incidencia de efectos fijos, efecto genético del animal y efectos del medio ambiente permanente, respectivamente.

La ecuación del modelo umbral fue idéntico, pero en este caso el vector y representa una variable subyacente llamada problema que explica la categoría visible correspondiente definida por valores específicos llamados umbrales (Gianola, 1982). El análisis se llevó a cabo con el software TM (Legarra et al., 2011). Un millón de iteraciones se realizaron para cada modelo con un período de ciclo de 100.000 y con un intervalo fino de cada 100 iteraciones.

Resultados y discusión

Las estimaciones de los componentes de la varianza para diferentes agrupaciones de categorías de medulación, se muestran en la Tabla 1, junto con las respectivas desviaciones estándar de sus distribuciones marginales posteriores. Utilizando

diferentes modelos que combinan modelos univariados o bivariados con el diámetro de fibra, bajo modelos lineales o umbrales.

Las estimaciones de heredabilidad para el rasgo de la médula variaron de 0.30 a 0.36 en los modelos lineales y de 0.11 a 0.15 en los modelos de umbrales. Todas las estimaciones de heredabilidad para categorías de medulación pueden considerarse significativas de acuerdo con la magnitud de la desviación estándar de sus distribuciones marginales posteriores, mostrando que la cantidad de información utilizada fue suficiente para proporcionar estimaciones significativas.

Las estimaciones de la heredabilidad del diámetro de cada fibra fueron entre 0.28 ± 0.14 y 0.35 ± 0.15 , que son mucho menos precisos, de acuerdo con sus respectivas desviaciones estándar, que los de la medulación.

Por otro lado, la correlación genética estimada entre el diámetro individual y la medulación fue muy alta utilizando modelos continuos de 0.88 a 0.93, aunque el uso de modelos de umbral fue moderado e impreciso de 0.26 a 0.68. En ovejas Corriedale, Sánchez et al. (2016) reportaron una correlación genética de magnitud intermedia (0.50) entre el diámetro medio de fibra y la presencia versus ausencia de fibra medulada.

En ovejas Corriedale, utilizando un modelo animal multivariado, Sánchez et al. (2016) reportaron una heredabilidad de 0.37 ± 0.10 para la presencia versus ausencia de medulación; similar a la heredabilidad estimada en el presente estudio (0.36 ± 0.13). Sin embargo, resulta mayor a 0.23 ± 0.02 del contenido de medullation OFDA en cabras Angora, aunque similar a 0.32 ± 0.02 del contenido de fibras kemp (Allain y Roguet, 2006). Se han reportado heredabilidades similares para el porcentaje de medulación total (0.29 ± 0.04) y de 0.33 ± 0.07 para el porcentaje de fibras fuertemente meduladas (Frank et al., 2011).

Por último, una limitación de nuestra investigación fue un número limitado de animales (36) debido a que el tiempo requerido para procesar una muestra tomó alrededor de 1 día por PM y además requiere personal capacitado. También Sánchez et al. (2016) indicaron 1,5 días por animal. Sin embargo, por OFDA 100 analiza en menos de 8 minutos una muestra (Lupton y Pfeiffer, 1998), lo cual permite registrar más animales, basado en la opacidad ($>80\%$) agrupando fibras meduladas continuas y fuertemente meduladas de forma similar a C2A que se registró por MP.

Conclusión

Los modelos lineales continuos estimaron mejores heredabilidades de CM y altas correlaciones genéticas entre CM y DF. Así se reduciría la cantidad de fibras meduladas y el diámetro de cada fibra en el vellón de alpaca Huacaya.

Tabla 1: Parámetros genéticos estimados \pm desviación estándar de sus distribuciones marginales posteriores, para categorías de medulación y el diámetro individual de fibra bajo modelos lineales (L) y umbrales (I)

Modelo	Categoría de Medulación						Diámetro de Fibra					
	σ_u^2	σ_{ep}^2	h^2	c^2	R	r_g	σ_u^2	σ_{ep}^2	h^2	c^2	R	
Uni; L;	0.09 \pm	0.05 \pm	0.30 \pm	0.15 \pm	0.45 \pm	-	-	-	-	-	-	
C2A	0.04	0.04	0.12	0.11	0.06	-	-	-	-	-	-	
Uni; L;	0.14 \pm	0.07 \pm	0.35 \pm	0.17 \pm	0.52 \pm	-	-	-	-	-	-	
C2B	0.07	0.05	0.13	0.12	0.06	-	-	-	-	-	-	
Bi; L; C2A	0.10 \pm	0.07 \pm	0.30 \pm	0.20 \pm	0.50 \pm	0.91 \pm	25.5 \pm	17.0 \pm	0.34 \pm	0.23 \pm	0.58 \pm	
	0.05	0.04	0.12	0.11	0.07	0.13	14.14	11.63	0.15	0.15	0.07	
Bi; L; C2B	0.16 \pm	0.10 \pm	0.36 \pm	0.21 \pm	0.57 \pm	0.93 \pm	26.0 \pm	17.0 \pm	0.35 \pm	0.23 \pm	0.58 \pm	
	0.08	0.06	0.13	0.12	0.07	0.12	14.09	11.88	0.15	0.14	0.07	
Uni; T;	0.13 \pm	0.08 \pm	0.11 \pm	0.07 \pm	0.14 \pm	-	-	-	-	-	-	
C2A	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	-	-	-	-	-	-	
Uni; T;	0.19 \pm	0.09 \pm	0.15 \pm	0.07 \pm	0.22 \pm	-	-	-	-	-	-	
C2B	0.09	0.07	0.06	0.06	0.05	-	-	-	-	-	-	
Bi; T; C2A	0.14 \pm	0.11 \pm	0.11 \pm	0.08 \pm	0.19 \pm	0.26 \pm	24.1 \pm	14.6 \pm	0.34 \pm	0.21 \pm	0.55 \pm	
	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	0.51	12.76	10.60	0.15	0.14	0.07	
Bi; T; C2B	0.17 \pm	0.11 \pm	0.13 \pm	0.09 \pm	0.21 \pm	0.56 \pm	24.6 \pm	15.5 \pm	0.34 \pm	0.22 \pm	0.55 \pm	
	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.45	14.08	11.63	0.16	0.15	0.07	

σ^2_u : varianza genética aditiva, σ^2_{ep} : varianza ambiental permanente, c^2 : varianza de ambiente permanente/varianza fenotípica, h^2 : heredabilidad, R: repetibilidad, ru: correlación genética, Uni: univariado, Bi: bivariado, C2A: agrupada sin medulación, medulación fragmentada y discontinua vs medulación continua y fuertemente medulada; C2B: sin medulación vs medulación

Agradecimientos. Animal fibre working group of EAAP. Programa de Investigación y Proyección Social en Ovinos y Camélidos Americanos-UNALM.

Referencias

- Allain, D., Roguet, J.M. 2006, Genetic and non-genetic variability of OFDA medullated fiber contents and other fleece traits in the French Angora goats. *Small Ruminant Research*, 65:217-222
- Frank, E.N., Hick, M.V.H., Molina, M.G., Caruso, L.M. 2011, Genetic parameters for fleece weight and fiber attributes in Argentinean Llamas reared outside the Altiplano. *Small Ruminant Research*, 99:54-60
- Frank, E.N., Hick, M.V.H., Castillo, M.F., Prieto, A., Adot, O.G. 2014, Fiber-based components determining handle and skin comfort in fabrics made from dehaired and non dehaired llama fiber. *International Journal of Applied Science and Technology*, 4:51-66
- Gianola, D. 1982, Theory and Analysis of Threshold Characters. *Journal of Animal Science* 54, 1079-1096
- Gutiérrez, J.P., Goyache, F. 2005, A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 122: 172-176.
- Ibáñez, B., Cervantes, I., Gutiérrez, J.P., Goyache, F., Moreno, E. 2014, Estimates of direct and indirect effects for early juvenile survival in captive populations maintained for conservation purposes: the case of Cuvier's gazelle. *Ecology and Evolution* 4.
- IWTO-8, 2011, Fiber Diameter Distribution Parameters and Percentage of Medullated Fibers in Wool and Other Animal Fibers by the Projection Microscope. *International Wool Textile Organization*
- Laime, F.M., Pinares, R., Paucara, V., Machaca, V., Quispe, E.C., 2016, Características Tecnológicas de la Fibra de Llama (Lama glama) Chaku antes y después de Descerदार. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(2):209-217
- Legarra, A., Varona, L., López De Maturana, E. 2011, TM Threshold Model. Retrieved on 12 February 2017, from <http://snp.toulouse.inra.fr/~alegarra/manualtm.pdf>
- Lupton, C.J., Pfeiffer, F.A. 1998, Measurement of Medullation in Wool and Mohair using an Optical Fiber Diameter Analyser. *Journal of Animal Science*, 76:1261-1266
- Quispe, E.C., Chipa, L., Pinares, R. 2015, Análisis económico y de la producción del descerदार manual de la fibra de llamas (Lama glama) Chaku. *Archivos de Zootecnia*, 64:191-198
- Sánchez, A.L., Urioste, J.I., Peñagaricano, F., Neimaur, K., Sierra, I., Naya, H., Kremer, R. 2016, Genetic parameters of objectionable fibers and of their associations with fleece traits in Corriedale sheep. *J Anim Sci* 94:13-20
- Villarroel, J. 1963, Un estudio de la fibra de alpaca. *Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM* 1(3):246-274