UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA
LA MOLINA

IOWA STATE UNIVERSITY
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
1962

BOKU

III Seminario Internacional en Producción Sostenible en Camélidos Sudamericanos: Asegurando la Biodiversidad

Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima - Perú

Libro de Artículos y resúmenes

10 - 12 julio, 2024

AÑO INTERNACIONAL DE LOS
CAMÉLIDOS
2024

FAO
FIAT PANIS

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

III SEMINARIO INTERNACIONAL EN PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS:

ASEGURANDO LA BIODIVERSIDAD

LIBRO DE ARTÍCULOS Y RESÚMENES

LIMA / PERÚ
2024

III SEMINARIO INTERNACIONAL EN PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS: ASEGURANDO LA BIODIVERSIDAD

Derechos reservados

© Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Molina s/n - La Molina, Lima, Perú.
Telf.: (01) 614-7800

© Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional
Av. Arequipa 4947, Miraflores, Lima, Perú.
www.cip.org.pe | Telf. 445-6540 / 446-6997

Primera edición digital: diciembre de 2024

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2024-12621

ISBN N° 978-612-49780-7-4

Iowa State University y BOKU University, Austria; instituciones que tuvieron un rol importante a través de la colaboración organizativa y financiera para el desarrollo de este seminario.

Prohibido la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso de los editores y/o autores.

Publicado en el Perú.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 7

COMITÉ ORGANIZADOR 9

PONENCIA MAGISTRAL
Reflexiones sobre la investigación molecular y genómica en Camélidos Sudamericanos 11

EJE TEMÁTICO I: Nutrición y alimentación de los Camélidos Sudamericanos 13

Advances in the nutrition of South American Camelids 15

Ecología Nutricional de los Camélidos Sudamericanos al Pastoreo 29

Estimación de parámetros cinéticos de la degradabilidad in situ en alpacas (*Vicugna pacos*) mediante modelos no lineales mixtos 30

Degradabilidad potencial de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutra en alpacas (*Vicugna pacos*) de gramíneas en época de lluvias 31

Métodos indirectos para estimar el consumo de alimento en alpacas basados en la degradabilidad de la dieta, composición de las heces y el peso vivo 32

Utilizando unidades de respuesta ecológica para estimar el estatus ecológico de los pastizales: caso fundo alpaquero Sorani - puno 33

Simulación de la intensidad de pastoreo sobre la biomasa en un ecosistema bofedal 34

Predicción de biomasa aérea a partir de altura de planta en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* 35

Evaluación agrostológica y receptividad de vicuñas para conservación sostenible de praderas altoandinas de la reserva nacional de Salinas -Arequipa 36

Efecto de la fertilización fosfatada y densidad de siembra de trébol blanco en la relación gramínea-leguminosa en un pajonal de puna húmeda 38

Evaluación del impacto ambiental de la siembra de pastos cultivados en la zona de influencia de COOPECAN Perú. 39

EJE TEMÁTICO 2: Genética y Mejoramiento Genético 41

Manejando la diversidad genética del color de vellón en llamas y alpacas
Avances y retos en la mejora genética de alpacas 43

Herramientas genómicas para el manejo genético de alpacas y llamas 60

Variabilidad genética y conservación de la biodiversidad de la vicuña y el guanaco en el Perú 62

The alpaca genome: From chromosomes to DNA sequence 65

Next generation genomic tools for the study of South American Camelids 66

Unraveling the inheritance of genetic disorders in alpaca: The blue-eyed white case 67

Estructura genética de poblaciones de llamas, alpacas y vicuñas de Bolivia: análisis genómico preliminar 68

Programa Black Alpaka – Un ejemplo de sostenibilidad 69

Detección de variación en el número de copias en Camélidos Sudamericanos utilizando información del genoma completo 70

VICPAC4, long read based chromosome-level reference genome that incorporates complex repetitive sequences in alpaca (*Vicugna pacos*) 71

Identificación de variantes estructurales en el genoma de la alpaca: Cromosoma X 72

Implementación de un programa de mejora genética en alpacas mediante simulación 73

Análisis de colorimetría y estimación de parámetros genéticos en vellones de alpacas Huacaya 74

Proyecto: Integración de estrategias de genómica, fenotipado y nutrición para mejorar la supervivencia y calidad de la fibra de alpaca 75

Diversidad genética mitocondrial de alpacas y llamas de la región sur del Perú 76

Avances preliminares del proyecto "Genalpaca: análisis transcriptómico de piel para identificar marcadores de mejora genética en la fibra de alpaca" 77

EJE TEMÁTICO 3: Salud y Bienestar Animal 79

Single-domain antibodies of SACS: Advances, potential use and limitations 81

Eimeria macusaniensis – What we know and what we need to know 89

Avances de la etiopatogénesis de neumonías agudas en crías de alpacas 92

El complejo enterotoxemico neonatal en alpacas andinas 93

Helmintiasis en Camélidos Sudamericanos domésticos y silvestres en el Perú: Un problema de estrategia, resistencia e impacto ambiental. 94

First description of psoroptic mange in a herd of llamas (*Lama glama*) of the andean region 95

Fauna y carga parasitaria en camélidos domésticos criados al pastoreo en la zona altoandina de Pasco 96

Análisis de supervivencia de crías de alpaca bajo crianza extensiva en los altos andes de Perú 97

Condición de la madre sobre el peso al nacimiento hasta los 90 días, concentración de IgG , y morbimortalidad de crías de alpacas Huacaya de puna seca 98

EJE TEMÁTICO 4: Reproducción Animal 99

Embryo preservation in South American Camelids 101

Expresión génica global en el ovario y estimación de la población folicular pre-antral desde el feto a la adultez en alpaca 115

Potencial rescate de la variabilidad genética de alpacas mediante la biotecnología de células madre espermatogoniales 116

Perfil electroforético SDS-PAGE del plasma seminal de alpaca en dos estaciones y su relación con los parámetros seminales 118

Estado del arte en la investigación con células madre en camélidos: revisión sistemática-preliminar 119

Reporte de algunas patologías del sistema reproductivo en alpacas (*Vicugna pacos*) beneficiadas en Aymaraes – Apurímac 120

Primera preñez de embrión vitrificado-calentado de llama a los 90 días de gestación en Perú 122

EJE TEMÁTICO 5: Sostenibilidad de la producción y la biodiversidad 123

Crianza y conservación de los Camélidos Sudamericanos domésticos en un contexto del cambio climático 125

Fauna silvestre y la crianza de camélidos domésticos en los andes del Perú 133

Holistic sustainability assessment of livestock production systems: Challenges and opportunities 150

Evaluación de la sostenibilidad de la crianza de llamas 151

Impacto de la Mejora en Productividad sobre la Huella de Carbono de un Sistema de Producción Extensivo de Alpacas 152

Realidad productiva y económica en los agroecosistemas alpaqueros de Chimborazo – Ecuador 153

Factores socioeconómicos, medioambientales e innovaciones en el sistema de manejo de la vicuña en la provincia de Lucanas, Ayacucho - Perú 154

Sostenibilidad y biodiversidad en la producción de alpaca peruana: un enfoque integrado 155

Demografía zootécnica aplicada a los Camélidos Sudamericanos domésticos 156

Evaluación de la producción y los precios de la fibra de alpaca en el Perú 159

EJE TEMÁTICO 6: Fibras y su transformación 159

Nuevos criterios de selección en alpacas Huacaya 160

Sistema de Trazabilidad con Tecnología Blockchain: Herramienta clave para la producción sostenible de fibra de alpaca 173

Descerdado mecánico en vellones de guanaco y vicuña: experiencias y desafíos tecnológicos para la obtención de fibras textiles de primera calidad 181

Calidad y transformación de las fibras de alpaca en tops e hilos como estrategia de la generación del valor agregado en origen 182

Calidad de la fibra de alpaca en los cantones Colta y Guamote 183

Evaluación de la medulación de fibras de alpaca visualmente objetables 184

Identificación de fibras de Camélidos Sudamericanos y cabras mediante espectrometría, microespectrometria e inteligencia artificial 185

Staple strength associated with fiber characteristics in black and brown alpacas 186

Características textiles de las fibras down de llamas ch'aku (*Lama glama*) de la puna húmeda - Kishuara - Andahuaylas – Apurímac 187

Caracterización de las propiedades físico- mecánicas de fibra e hilo de alpaca Suri (*Vicugna pacos*) de la estación experimental Aña- Moyocancha 188

Predicción de la tasa de medulación total en fibra blanca de alpaca Huacaya, mediante algoritmos de aprendizaje automático 189

Validación de un dispositivo automático que evalúa la medulación de fibras de llama (*Lama glama*) 190

Variación del diámetro de la fibra entre zonas corporales de alpacas Huacaya 191

Efecto del sexo y color sobre las características de importancia económica en alpacas destetadas raza Huacaya 192

EJE TEMÁTICO 7: Otros 193

Características tecnológicas del cuero de llama mediante el método Wet-Blue 195

Actividad proteolítica y lipolítica del cuajo obtenido de fetos y crías de alpaca 196

HOMENAJE PÓSTUMO A LA DRA. FLORENCIA DI ROCCO 197

PRESENTACIÓN

Con gran satisfacción presentamos la edición impresa del libro de los trabajos y resúmenes de investigación del **III Seminario en Producción Sostenible en Camélidos Sudamericanos**, celebrado del 10 al 12 de julio de 2024 en la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima, Perú. Este seminario ha reunido a una destacada comunidad de expertos, investigadores y profesionales provenientes de Perú, Ecuador, Bolivia, Argentina, Estados Unidos, España y Austria, quienes han contribuido con sus conocimientos y experiencias para abordar los desafíos y oportunidades en la conservación y manejo sostenible de los camélidos sudamericanos.

El libro abarca una variedad de temas clave presentados por los conferencistas internacionales y nacionales, reflejando la diversidad de enfoques y perspectivas que caracterizan la investigación y práctica en este campo. Cada capítulo se centra en uno de los siete ejes temáticos definidos durante el seminario: Nutrición y alimentación, Genética y mejoramiento genético, Salud animal, Reproducción animal, Producción sostenible y biodiversidad, Fibra y su transformación, y Otros temas relevantes. Esta estructura permitió una exploración profunda y multidimensional de los desafíos contemporáneos que enfrentan los camélidos sudamericanos, sus criadores y hábitats. Además, adicionamos un homenaje póstumo a la Dra. Florencia Di Rocco, destacada participante de nuestro seminario, elaborado por sus colegas Silvana Daverio y Melina Anello.

Participaron de este evento alrededor de 250 investigadores, académicos, criadores, estudiantes y profesionales comprometidos con la sostenibilidad y conservación de la biodiversidad. Este libro de trabajos y resúmenes no solo ofrece una síntesis actualizada de los avances científicos y prácticos, sino que también invita a la reflexión sobre el papel crucial de los camélidos sudamericanos en la economía y el equilibrio ecológico de nuestros ecosistemas andinos.

Además, los trabajos presentados en el Seminario sirvieron como plataforma para el intercambio de ideas y de promoción de la colaboración nacional e internacional, fortaleciendo las redes de conocimiento existentes o motivando la creación de nuevas redes, trascendiendo las fronteras geográficas y disciplinarias.

En resumen, el ***"III Seminario en Producción Sostenible en Camélidos Sudamericanos: Asegurando la Biodiversidad"*** ha sido un testimonio del compromiso global por proteger y promover el bienestar de los Camélidos Sudamericanos, subrayando la importancia de estrategias integradoras y sostenibles para un futuro compartido en armonía con la sociedad y la naturaleza.

El comité organizador
La Molina, 25 de Octubre del 2024

COMITÉ ORGANIZADOR

Gustavo Gutiérrez Reynoso, Ph.D	Presidente
Albertina Ivonne Salazar, Ph.D	Coordinadora
Julio Ricardo Atiquipa de la Cruz, B.Sc	Miembro organizador
Inés Milagros Limaymanta Zavala, B.Sc	Miembro organizador
Mabel Jesús Palomino Toscano, Mg. Sc.	Miembro organizador
Jorge Gamarra Bojorquez, Mg. Sc.	Miembro organizador
Jaime Ruiz Bejar, Dr.	Miembro organizador
Edgar Carlos Quispe Peña, Ph.D	Miembro organizador
Eduardo Fuentes Navarro, Ph.D	Miembro organizador
Carlos Gómez Bravo, Ph.D	Comité científico
María Wurzinger, Dra	Comité científico
Leyfeng Alan Cruz Camacho, Dr.	Comité científico
Sabina Pillaca Mitma, Mg. Sc	Comité científico
Cristina Carrión Beltrán, Lic	Comité logístico
Daniel Zarate Rendón, MS	Comité logístico
Carmen Silva Villavicencio, Ing.	Comité científico
María Soledad Huauya Reymundo, Ing	Comité logístico
José Luis Cántaro, Mg	Comité logístico
José Cusipaucar Villavicencio, B.Sc	Comité logístico
Cristina Ocampo Acuña, Bach.	Comité logístico
Bruno Segura Pacherres, Estd.	Comité logístico

PATROCINADORES

Colegio de Ingenieros del Perú
Iowa State University
BOKU University, Austria
Ministerio de Agricultura
Inca Tops SA
Kuna
Natural Fiber Tech
Michell y Cia.
Fundación para el Desarrollo Agrario
Asociación Internacional de la Alpaca
Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)
Unidad de Extensión y Proyección Social Universitaria, Facultad de Zootecnia, UNALM
Vicerrectorado de Investigación, UNALM
Unidad de Postgrado, Facultad de Zootecnia, UNALM
Programa de Mejoramiento Animal, Facultad de Zootecnia, UNALM
Planta de Alimentos Balanceados, Facultad de Zootecnia, UNALM
Universidad Nacional de Huancavelica
Círculo de Investigación en Enfermedades Parasitaria, UNALM
Círculo de Investigación en Biotecnologías Reproductivas, UNALM
Círculo de Investigación en Camélidos y Ovinos Americanos, UNALM
Círculo de Investigación en Ganadería Sostenible, UNALM

PONENCIA MAGISTRAL

REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN MOLECULAR Y GENÓMICA EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS

F. Abel Ponce de Leon Bravo, Ph.D.

Emeritus Professor
University of Minnesota, USA

Los Camélidos Sudamericanos, en especial la alpaca y llama, tienen un vínculo cultural y biológico muy arraigado con el Ande, el primero porque forma parte muy importante en la vida diaria del campesino alto Andino y el segundo porque estos animales son biológicamente adaptados a esas condiciones. Desde el punto de vista biológico son animales muy interesantes. Están clasificados como rumiantes solo porque regurgitan el bolo alimenticio. La ovulación es inducida, requieren del coito para estimular el descenso del ovulo a las trompas de Falopio. Los machos terminan la eyaculación con una mucosidad que opera como tapón del eyaculado y el contenido de espermatozoides es bajo. Fertilidad de los rebaños es baja. El 80% de las hembras necesitan 2 empadres. Gestación prolongada de 11.5 meses en promedio. Todas estas peculiaridades presentan retos de producción significativos y son retos para la investigación porque limitan el éxito de la aplicación de nuevas tecnologías genéticas y reproductivas. Nuestro enfoque se ha situado en el desarrollo de herramientas para evaluar el genoma de estos animales. Con este fin hemos desarrollado una microficha (1) que contiene 76,508 marcadores moleculares PNSs que permitió evaluar 960 hembras Huacaya y analizar la asociación de PNSs con el diámetro de fibra (2). De esta manera se han identificado varios PNSs y regiones cromosómicas asociadas con el diámetro de fibra. De la misma manera, se han identificado genes localizados en esas regiones como genes candidatos que influencias la finura de fibra. Sin embargo, creo yo, que la precisión de estos análisis ha sido afectada por factores, unos debido a la forma en que se realiza la crianza y otros de aspecto técnico, en los cuales no se puede ejercer control. No existen poblaciones numerosas de animales con un control de producción adecuado y de fácil acceso. Las muestras se implementan con los animales disponibles y que tengan datos de producción o del fenotipo a evaluarse. Aunque nuestra muestra incluía dos regiones y tres haciendas por región, la mayoría de los animales eran emparentados y aunque se hicieron correcciones estadísticas para eliminar efectos de región, hacienda, año y edad a la segunda esquila con inclusión de la matriz de parentesco, la muestra está muy distante de definirse como una muestra al azar de animales no emparentados. También afectan los resultados el tener un 24% del genoma no asignado y ordenado cromosómicamente, en especial para los análisis basados en haplotipos de PNSs porque el ensamblaje actual reduce en un número considerable los PNSs que se pueden usar para el análisis. Sin duda, estas desventajas son superables en el futuro. Veo más fácilmente corregir los aspectos técnicos de la investigación que los aspectos que afectan la crianza de los Camélidos Sudamericanos. El grupo de expositores de este congreso presentara, con abundancia de ejemplos, los logros que han obtenido y los que están en progreso, el más importante creo yo, es el nuevo ensamblaje del genoma de la alpaca. El mismo que nos permitirá reanalizar nuestro último trabajo con un poco más de precisión. La otra pregunta que me hago es de qué manera se puede implementar la información que se obtiene de la investigación, en especial la información genética y genómica. La mejora genética depende en gran parte depende del número de machos probados genéticamente que

existen en una población y del número de crías que estos produzcan anualmente. Por el momento el número de machos probados es limitado y circunscrito a pocas unidades de producción. Las mismas que los usan para la mejora de sus rebaños. Por lo general, la mayoría de los productores con pocos recursos de inversión adquieren machos descendientes de animales probados para implementar sus programas de mejora genética, pero los machos, así adquiridos, no son probados. Algunas veces esta estrategia resulta positiva y muchas otras no. Para evitar este tipo de resultados largamente influenciados por el azar se debería organizar para cada región geográfica un sistema de haciendas privadas y públicas dedicadas a la producción de machos probados donde se podrían implementar tecnologías tanto genómicas como reproductivas que generen un numero de machos probados que puedan ser adquiridos por productores y comunidades para las campañas anuales de empadre. De la misma manera deberían implementarse haciendas públicas demostrativas para la producción de alpacas y llamas donde se críen animales con objetivo experimental y educativo. A través de los años se han desarrollado buenas iniciativas con muchas brillantes ideas pero que no han visto cumplidos sus objetivos. El lado positivo es que debemos seguir intentándolo por el bien de los productores y el desarrollo de la investigación en Camélidos Sudamericanos.

Referencias

Calderon, M.; More, M.J.; Gutiérrez, G.A.; Ponce de León, F.A. 2021. Development of a 76k Alpaca (Vicugna pacos) Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) Microarray. Genes 12: 291. https://doi.org/10.3390/genes12020291

More, M.; Veli, E.; Cruz, A.; Gutiérrez, J.P.; Gutiérrez, G.; Ponce de León, F.A. Genome- Wide Association Study of Fiber Diameter in Alpacas. Animals 2023, 13, 3316. https://doi.org/10.3390/ani13213316

EJE TEMÁTICO I:
NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN

ADVANCES IN THE NUTRITION OF SOUTH AMERICAN CAMELIDS

Robert Van Saun

Department of Veterinary & Biomedical Sciences, College of Agricultural Sciences, Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania USA
rjv10@psu.edu

Abstract

The objective of this presentation is to describe a nutritional knowledge timeline with respect to our understanding of South American Camelid (SAC) nutritional requirements and feeding management. Llamas and alpacas have been domesticated for thousands of years in South America in providing critical resources to the indigenous human population. Nutritional management historically has been extensive management on native high Andean pastures. Although well-adapted to this harsh environment, SAC productivity is limited by reproductive inefficiency and high female mortality resultant of nutritional deficiencies at critical life cycle stages. Scientific studies have characterized unique aspects of SAC gastrointestinal anatomy and physiology initially followed by descriptive studies of feeding behaviors and comparisons of digestive efficiency compared to ruminants. Documentation of specific SAC nutrient requirements was limited to metabolizable energy and crude protein for maintenance. As SAC farming expanded beyond South America, there was intense interest in the nutrition and productivity under many different environmental conditions. These circumstances induced a proliferation of studies further characterizing digestive and physiologic functionality accounting for observed differences with ruminant digestion. Additional studies addressing nutrient requirements for different physiologic states contributed to a better understanding of SAC nutritional management. Although much advancement has occurred in our understanding of SAC nutrition, further validation of nutrient requirement models for different physiologic states, especially for minerals and vitamins, and ability to predict intake remain to be addressed.

Keywords: Llama, Alpaca, Nutrition Requirements, Digestive physiology

Introduction

South American Camelids (SAC), namely the llama and alpaca, have been domesticated for use in providing food and fiber to human communities in South America for thousands of years. Extensive grazing in native pastures with minimal technical inputs has been the traditional management approach (Byrant et al., 1989; San Martín and Van Saun, 2014). Differences in Tylopoda digestive anatomy compared to Ruminantia are well characterized and in some ways mischaracterize digestive capacity of camelids compared to ruminants. Camelids having only a three-chamber compared to the four-chamber forestomach of ruminant animals are inherently termed "pseudoruminants" (i.e., "false-ruminants"). The term "ruminant" refers to those animals capable of regurgitating their food for continued mastication (i.e., chewer of the cud). Camelid species certainly fit the bill. More importantly, due to their unique physiologic adaptations, camelids are more efficient fiber digesters compared to ruminants when consuming lower quality forages. In fact, camelids should be considered "super-ruminants" given their inherent ability to digest lower quality forage more efficiently.

Although SAC have evolved in the unique high Andean environment, there are concerns of sustainability due to overgrazing most likely a consequence of productive inefficiency and high female and tuis mortality resultant of limited nutrition (Oliva et al., 2019; Treydte et al., 2011). A modeling process of alpaca management in the dry Puna of the Andes suggests potential sustainability if sufficient precipitation is realized (Arce et al., 1994). With current issues of climate change resulting in drought in the Andes, sustainability of traditional SAC management in the high Andes is at risk without additional inputs (Netto, 2023). In-spite-of the long-term association between SAC and humans, the level of nutritional knowledge in support of their productivity and health is limited compared to other domestic species. The objective of this presentation is to describe a nutritional knowledge timeline or phases of discovery with respect to our understanding of SAC nutritional requirements and feeding management. Key advances in our knowledge will be recognized and highlighted followed by suggested needs for continued advancement in camelid nutrition.

Phase 1: Camelid Nutritional Anatomy and Physiology

Early publications addressing aspects of SAC nutrition were more focused on describing anatomic components and associated nutritional physiology in contrast to ruminant animals (Cummings et al., 1972; Ortiz et al., 1974; Rübsamen and Engelhardt, 1978; Vallenas et al., 1971). Histologic anatomy of compartments 1 (C-1) and 2 (C-2) have stratified squamous epithelium like the rumen; however, there are no papillae increasing the surface area like that of the rumen. Camelids uniquely have recessed saccules ventrally located on C-1 and C-2 that are suggested to contribute to fermentation acid buffering capacity and volatile fatty acid (VFA) absorption (Cummings et al., 1972; Eckerlin and Stevens, 1973; Rübsamen and Engelhardt, 1979). These saccules increase absorptive surface area like rumen papillae but also have glandular functions that my provide additional bicarbonate and protective mucous secretion (Rübsamen and Engelhardt, 1979). Motility of the camelid forestomach is more frequent and efficient in mixing contents facilitating microbial fermentation and absorption of generated VFA (Heller et al., 1984; Vallenas and Stevens, 1971b). Stratification of C-1 contents into liquid, fibrous mat, and gas layers is similar to that in the rumen (Stieger-Vanegas and Cebra, 2013).

Multiple studies have observed differences in rate of digesta passage among species with camelids tending to have slower rates of passage especially with lower quality forage (Clemens and Stevens, 2009; San Martin and Bryant, 1989; Sponheimer et al., 2003). Reduced size of openings between camelid forestomach compartments and nonlinear compartment alignment allow for greater retention of larger particles in C-1 facilitating their degradation (Pérez et al., 2016). Longer retention time of larger particles or those more highly lignified results in reduced intake potential due to physical fill. Compared to sheep, camelids were observed to consume 26% and 36% less improved and unimproved forage, respectively, on a metabolic body weight (BW) basis (San Martin, 1987). These observations are consistent with the concept that camelids uniquely retain lower quality forage longer to facilitate fermentation as an adaptation to their harsh environment.

Subsequent studies have characterized the microbial population in the camelid forestomach (Chao et al., 2021; Morvan et al., 1996; Pei et al., 2013). Similarity in microbial populations between ruminants and camelids is evidenced by the ability to transfaunate fermentation contents between species (Navarre et al., 1999); however, there is a distinct diversity of bacteria in the forestomach of SAC compared to ruminants (Pei et al., 2010). With their high dietary forage intake, SAC have a greater proportion of

cellulolytic bacteria fauna generating more acetate compared to sheep fed the same diet (Chao et al., 2021; Pei et al., 2013). Cellulolytic bacteria have longer turnover times thus needing a slower rate of passage, specific nutrient needs (e.g., ammonia), and higher pH (Russell, 2002). Documented differences in SAC urea metabolism such as lower renal excretion and greater digestive tract permeability (Hinderer and Engelhardt, 1975) suggests salivary recycling will provide the needed C-1 degradable nitrogen to support cellulolytic fermentation in the face of low protein forages. Fermentation production of VFA contributes to a decline in pH; however, the relationship between VFA production and forestomach pH was less for SAC compared to sheep suggesting greater VFA absorption and buffering (Vallenas and Stevens, 1971a). Alpacas had higher C-1 pH compared to sheep rumen pH when fed the same alfalfa hay (Pei et al., 2013). Collectively these studies of digestive anatomy and physiology indicate the unique SAC forestomach adaptations to the forage resources within their environment allowing for a sustainable production system.

Phase 2: Camelid Digestibility and Feed Selection

Following the recognition of anatomic and physiologic function of the camelid digestive tract there was interest in describing forage selectivity in native pastures and comparing forage degradability with ruminants. A plethora of observational studies have described forage selection of llamas and alpacas under South American conditions (Bryant and Farfan, 1984; Genin et al., 1994; Hoehn, 2018; Reiner and Bryant, 1986; San Martin, 1987). In addition, there are many studies and theses from South American researchers and graduate students addressing this aspect of SAC management. There is no consensus in describing foraging behaviors of alpacas and llamas and this may be a function of time of year the study was performed and forage availability. In general, llamas generally are more commonly viewed as grass grazers similar to sheep, preferring bunch grasses (Fugal et al., 2010). Alpacas are more typically characterized as selective grazers-browsers similar to goats. Much will depend upon available forage resources for the animals to harvest. One recent observational study showed alpacas to select for more digestible plant materials compared to llamas (Hoehn, 2018). The forage discrimination may be related to the animal's ability to process neutral detergent fiber (NDF) of the plant as NDF content is a limiter of intake in ruminants and camelids (see Intake section below) (López et al., 1998).

During this phase of camelid nutritional discovery, many studies measured forage digestibility comparisons between camelids and ruminants, typically sheep. Hintz and colleagues observed greater NDF, acid detergent fiber (ADF), and cellulose digestibility in SAC (llama and guanaco) compared to ponies and sheep in consuming alfalfa pellets or a complete pelleted diet (hay and grain) (Hintz et al., 1973). Many studies performed in South America also found a forage digestibility advantage for SAC compared to sheep, especially when feeding a lower quality forage (high NDF content) (Cordero F et al., 2018; Dulphy et al., 1994, 1998; Genin and Tichit, 1997; Genin et al., 1994; Jalali et al., 2012; López et al., 1998; Lopez V et al., 2001; Lopez V et al., 2000; Maiztegui Vendrame, 1996; Sponheimer et al., 2003). Not all studies showed a digestibility differential between SAC and sheep (Liu et al., 2009a), which may be due to the diets being supplemented with concentrate sources. Starch-based supplements are rapidly fermented often to lactic acid, a stronger acid inducing a greater decline in pH. Some have suggested SAC are less susceptible to C-1 pH declines from starch fermentation compared to sheep (Chao et al., 2021); however, experiential observations suggest SAC are prone to forestomach acidosis (Cebra et al., 1996). Collectively these studies have characterized SAC as efficient grazing animals capable of subsisting in harsh environments with limited availability of low-quality forages for most of the year. Their forage

degradability capabilities exceed that of ruminants in this environment making SAC a more sustainable production system.

Phase 3: Defining Nutrient Requirements

In a pastoral feeding program, the primary focus is making sufficient forage of reasonable quality available for consumption by the animals. One would not necessarily be determining a nutrient requirement to define how much pasture is to be consumed. As SAC were moved out of South America there was much interest in defining nutrient requirements to formulate complete and balanced diets for optimum reproduction and fiber production. Energy and protein requirements were the first to be determined in maintenance SAC. Metabolizable energy (ME) requirement to sustain BW and biologic functions was determined in llamas and alpacas as a function of metabolic body weight (MBW = $BW_{kg}^{0.75}$). Maintenance ME (kcal/day) for llamas was determined to be 61.2 and 84.5 kcal/kg MBW (Carmean et al., 1992; Engelhardt and Schneider, 1977b). Fasting llama ME requirement was calculated as 59.3 and 52 kcal/kg $BW^{0.75}$, respectively, for these two studies. The similarity in fasting energy and discrepancy in maintenance requirement between these two studies might suggest underlying confounding issues of dietary adaptation, type of diet, metabolic adaption, level of intake, or some combination. A coefficient of 71 kcal/kg MBW was suggested for alpaca maintenance ME requirement (Flores et al., 1989). An averaged coefficient of the llama studies (72.85 kcal/kg MBW) was proposed (Van Saun, 2006). Carmean et al. suggested an adjusted ME requirement of 74 kcal/kg MBW based on a zero energy storage calculation (Carmean et al., 1992). A recent study using growing llamas and alpacas determined slightly higher maintenance ME requirements of 86.4 and 82.6 kcal/kg MBW for llamas and alpacas, respectively (Roque Huanca et al., 2020). It would seem a reasonable maintenance ME requirement is between 73 and 74 kcal/kg MBW, which is lower than other ruminant animals.

There is a single study that measured alpaca maintenance digestible protein requirement of 2.38 g/kg MBW and accounting for digestibility would be equivalent to 3.5 g/kg MBW for dietary crude protein (Huasasquiche, 1974). A series of studies addressing nitrogen digestion in llamas and alpacas fed different forages suggested a higher requirement for alpacas and a difference in N requirement for llamas at higher altitudes (Davies et al., 2007a; Davies et al., 2007b; Robinson et al., 2005). Alpacas of differing ages fed different forage types were observed to have differences in maintenance nitrogen requirement with lower requirements for older animals compared to younger animals; most likely a function of growth and its composition (Robinson et al., 2005). The overall nitrogen maintenance requirement was 0.6 g/kg MBW or 3.75 g crude protein/kg MBW and similar to the original determination. Other studies suggested a different nitrogen requirement between llamas and alpacas and different llama requirement at higher altitude (Davies et al., 2007a; Davies et al., 2007b). In performing a Lucas test analysis of these study results, reported nitrogen retention intake was regressed onto nitrogen intake and the intercept value of 0.57 g N/kg $BW^{0.75}$ would be considered the maintenance requirement. Converting this value to crude protein equivalent results in a suggested maintenance of 3.6 g/kg $BW^{0.75}$, essentially equivalent to the original work.

Energy and protein requirements in support of other physiologic states, e.g., growth, pregnancy, and lactation, have not been determined but extrapolated typically by increasing maintenance requirement by some factor. Fowler suggested a 90% increase in digestible energy requirement to support late pregnancy

(Fowler, 1989). Hospinal suggested pregnancy protein requirement should be increased to 5.88 g crude protein/kg MBW for late pregnancy (Hospinal, 1997). Requirements for supporting lactation were based on calculated milk energy from fat and protein composition (Morin et al., 1995). Recent studies have provided more descriptive milk composition data to improve this calculation (Pacheco and Soza, 2004; Parraguez et al., 2003; Riek and Gerken, 2006; Soza Vargas et al., 2004).

The lack of defined SAC nutrient requirement models for differing physiologic states prevented advancement of feeding practices. The first paper identified by the author that provided guidance on feeding practices of llamas and alpacas in different physiologic states was from Chile (Lopez and Raggi, 1992). These authors provided suggested dietary content for crude protein, digestible energy, calcium, and phosphorus for llamas and alpacas in tabular form. Energy requirements were derived from the published llama and alpaca literature (Engelhardt and Schneider, 1977a; Flores et al., 1989). The mineral recommendations were essentially those for goats. In 2006, Van Saun published a series of factorial nutrient requirement models for SAC for differing physiologic states extrapolating nutrient relationships found in sheep but using camelid-specific data (Van Saun, 2006). These equations were adopted by the National Research Council (NRC) committee reviewing nutrient requirements of small ruminants and used to generate the tabular data for camelid nutrient requirements (NRC, 2007). Although these models have provided dietary nutrient recommendations in feeding all life stages of camelids, they require more rigorous validation and potential modification. Understanding nutrient requirements is essential to more precisely supplying appropriate diets to optimize animal performance relative to economic inputs.

Phase 4: Describing Feed Intake

The cornerstone of nutritional management is knowing intake potential so one can properly formulate or calculate absolute nutrient intake. Under pastoral systems measurement of feed intake is challenging at best. Differences in intake expectations can explain the obvious differences in dietary nutrient recommendations between the NRC and Lopez and Raggi publications (Table 1).

Both publications used the same models to predict energy and protein requirements. The difference in recommended dietary content is due to different expectations for intake. The Lopez and Raggi paper use 1.8% and 1.5% of live body weight to calculate intake for alpacas and llamas, respectively. In contrast, the NRC uses a power equation ($Y = 3.85x^{-.25}$, where Y = dry matter intake as a percent of BW and x is BW in kg) to calculate dry matter intake for llamas and alpacas (NRC, 2007). The NRC model predicts camelid DMI to range from 1.65% to 1.08% BW for low to high BW camelids. Obviously, this is a much lower expected intake than the South American data, which would explain the recommended higher dietary nutrient content to meet daily needs. Lower DMI might be appropriate for camelids consuming low quality forage, but not when higher quality forage is consumed.

Table 1. Comparison of dietary nutrient content recommendations (on dry matter basis) for llamas and alpacas in different physiologic states. Llama and alpaca data are from Lopez and Raggi, 1992. National Research Council (2007) data are for both llamas and alpacas.

Physiologic State	TDN %[1]	Crude Protein%	Calcium %	Phosphorus %
Llamas				
Maintenance	41.8	7.5	0.34	0.24
Growth	54.5 – 61.4	7.8 – 9.0	0.36 – 0.40	0.25 – 0.28
Lactation	54.5 – 56.8	10.6 – 11.4	0.44 – 0.45	0.31
Pregnancy	54.5	7.9	0.45	0.31
Alpacas				
Maintenance	48.0	7.4	0.32	0.22
Growth	60.2 – 67.0	7.8 – 9.1	0.37 – 0.40	0.26 – 0.29
Lactation	60.2 – 62.5	8.1	0.42	0.30
Pregnancy	60.2	10.8 – 12.0	0.42 – 0.44	0.29 – 0.31
NRC 2007				
Maintenance	53.1%	9.2%	0.18%	0.14%
Growth	52 – 80%	8.9 – 12.5%	0.3 – 0.68%	0.17 – 0.33%
Lactation	52 – 80%	9.6 – 16%	0.3 – 0.75%	0.18 – 0.42%
Pregnancy	53 – 80%	8.5 – 15.76%	0.25 – 0.45%	0.17 – 0.24%

[1]Total Digestible Nutrients. Calculated as digestible energy (Mcal/lb) x 0.02

One of the key regulators of intake is the capacity to process NDF due to its effect on physical fill (Mertens, 1997, 2015). A common rule-of-thumb for ruminant animals is their ability to consume approximately 1.2% of BW as NDF, though this can be modified by particle size and degradability characteristics. The published literature was reviewed to identify controlled feeding trials with camelids in attempting to model DMI based on NDF. A total of 11 published studies were identified where mean individual intake was documented and diet was adequately described (Carmean et al., 1992; Davies et al., 2007a; Davies et al., 2007b; Jalali et al., 2012; Liu et al., 2009b; López et al., 1998; Oldham et al., 2014; Robinson et al., 2005; Robinson et al., 2006; Sponheimer et al., 2003; Stölzl et al., 2014). Mean data were weighted by animal numbers within the mean and statistically evaluated for differences between llamas and alpacas (Table 2). Across these studies forage crude protein ranged from 22 to 205 g/kg and NDF ranged from 452 to 809 g/kg on a dry matter basis.

It can be seen from these summarized data there is a tremendous range in DMI within llamas and alpacas. Multiple regression modeling showed dietary crude protein and NDF content and their interaction can predict various intake parameters accounting for 70-95% of the specific intake parameter variation. Camelid NDF intake indicates a lower intake compared to other ruminants, which may be explained by camelids slowing digestive rate of passage to facilitate a greater extent of NDF digestion for lower quality forages, thus limiting their NDF intake capacity. Further research is needed to determine NDF intake capacity in other physiologic states, especially for growing and pregnant camelids as NDF capacity may be more limited. Ruminant data suggests a lower NDF intake capacity in growing and late pregnant animals suggesting a need for better quality forage to support these physiologic states. If the same is true for SAC, this may help to improve health and mortality issues with better diet formulations.

Table 2. Summarized data from 11 published studies feeding maintenance llamas and alpacas diets with different quality forages.

Maintenance Feeding Trials	Alpacas	Llamas	P
Dry matter intake, g/day	801 ± 43	1565 ± 37	< 0.0001
DMI/Metabolic BW, g/kg	37.1 ± 1.8	48.4 ± 1.5	0.0002
NDF intake, g/d	480 ± 22	913 ± 19	< 0.0001
NDF % BW	0.78 ± 0.03	0.89 ± 0. 03	0.061
DMI % BW, mean	1.35 ± 0.06[d]	1.53 ± 0.05[c]	0.105
DMI % BW, range	0.37 – 2.4	0.75 – 1.8	

Highlighting Key Advances in Camelid Nutrition

In the opinion of the author, the following are specific publications or bodies of research that have significantly contributed to key advances in our understanding of camelid nutrition. Publication selection was based on Google Scholar citation data. This does not suggest other publications or research was not important and the author is not minimizing their contribution. Of interest in this search process was the marked difference in publication citations for papers addressing camelid reproduction compared to nutrition, nearly twice the number of citations for reproductive papers.

There is no question the body of work from Vallenas and colleagues and other researchers describing camelid digestive anatomy and physiology set the stage for our appreciation of how camelids were different from ruminants (see Phase 1 above). Fowler later expressed the sentiment that camelids are not ruminants (Fowler, 2008). This body of work provided the original guideposts to recognizing camelid nutrition could not be directly extrapolated from what is done for ruminants.

The seminal paper describing the collective current knowledge of SAC nutrition was published by San Martin and Bryant (1989) in Small Ruminant Research (219 citations). This same year, Dr. Murray Fowler published his text *Medicine and Surgery of Camelids: Llamas, Alpacas, Vicuna, Guanaco*. Like the San Martin and Byrant paper this text became the mainstay of information regarding management and feeding of SAC around the world. Dr. Fowler published three editions of this text in 1989 (x citations), 1998 (700 citations), and 2011 (293 citations). The impact of Dr. Fowler on SAC management was immeasurable outside South America.

One of the more significant physiologic discoveries in SAC was accounting for their unique high blood glucose concentration compared to ruminants. The body of work from Oregon State University addressed the unique insulin metabolism of SAC. Cebra and colleagues two papers in 2001 that characterized glucose tolerance in llamas and alpacas (74 citations) and effects of insulin on glucose tolerance (51 citations) establishing reduced secretion of insulin and inherent insulin resistance in SAC (Cebra et al., 2001a; Cebra et al., 2001b). Additional studies further characterized effectors of glucose homeostasis (Cebra and Tornquist, 2004; Firshman et al., 2013; Ueda et al., 2004) as well as showing crias to have greater insulin secretion and tissue sensitivity compared to adults (Cebra and Tornquist, 2005).

Although a publication by the author, the paper describing a factorial modelling approach to SAC nutrient requirements has been another highly cited SAC publication (139 citations). This approach to describing camelid requirements was incorporated into the NRC publication on small ruminants (2180 citations).

Another important body of work comes from Drs. Riek and Gerken at the University of Göttingen, Germany. These investigators and colleagues from other universities have published several studies addressing energy metabolism, lactation, cria growth, and water flux. Using sophisticated labeling methods, they provided important insights into milk production, composition, and cria growth in llamas (97 total citations) (Riek and Gerken, 2006, 2009; Riek et al., 2007). It was this body of lactation studies that the author used the data to generate lactation curves for SAC.

Another research group contributing a series of studies addressing forage degradability, protein digestion, and protein metabolism from Bringham Young University. Robinson and colleagues published studies on nitrogen metabolism in alpacas fed different forages (38 citations), protein digestion in llamas and alpacas (69 citations), and a comparative study of digestion and passage rates in various species (123 citations) among others (Davies et al., 2007b; Robinson et al., 2005; Sponheimer et al., 2003).

Needed Advances in Camelid Nutrition

As much as many important issues of camelid nutrition have been addressed there remains several needed advancements. The following are some suggested studies needed to further improve our understanding of SAC requirements and nutritional management. Others may have additional ideas, but these are provided as a starting point:

- Controlled feeding trials to determine mineral and vitamin requirements for differing physiologic states are needed. Only one study has been conducted relative to phosphorus in growing camelids (Quispe E et al., 2019).
- Further evaluation and modification of factorial nutrient requirement models.
- Further characterize potential forestomach degradation of protein sources to define degradable and undegradable protein fractions in feeds in more precisely feeding the camelid.
- Characterize nutritional factors controlling feed intake, including protein and NDF, at different physiologic states.
- Composition of gain over the growth period to improve requirements for growing animals.
- What factors influence the development of the forestomach to improve transition of nursing cria to solid feed without negatively impacting growth and health.
- Potential nutritional effects on colostrum formation and quality.
- Interaction of late pregnancy diet on cria survival and growth and reproduction of the female. One study has shown excess degradable protein to have negative impacts on embryo survival (Ancco G et al., 2018).

Conclusions

There have been many important phases that have advanced our understanding of nutritional needs and digestive capabilities of SAC. Our current understanding of camelid digestive physiology has recognized their superior digestibility of low-quality forages (i.e., “super-ruminants” not pseudo-ruminants) as a result of unique anatomic and physiologic adaptations to facilitate cellulolytic microbial activity. Their unique glucose metabolism allows for greater body fat mobilization to account for feeding periods of minimal forage resources. Further work on protein nutrition is needed to optimize forestomach fermentation and microbial protein synthesis in support of physiologic states of growth, pregnancy, and lactation. A better understanding of dietary factors influencing intake capacity is needed to further define dietary nutrient composition to ensure adequate, but not excessive body condition, in all environments. For SAC production to remain sustainable in their native environment nutritional factors affecting reproductive efficiency, cria growth and survival, and fiber production need to be addressed relative to current climate change impacts.

References

Ancco G, E., Hinostroza G, M., Quispe E, C., and Gómez B, C. (2018). Niveles de nitrógeno ureico sanguíneo y su relación con la preñez en alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 29 (4), 1372-1376.

Arce, B. A., Aguilar, C., Cañas, R., and Quiroz, R. A. (1994). A simulation model of an alpaca system in the dry Puna of the Andes. Agricultural Systems 46 (2), 205-225.

Bryant, F., and Farfan, R. (1984). Dry season forage selection by alpaca (Lama pacos) in Southern Peru. Journal Range Management 37 (4), 330-333.

Byrant, F. C., Florez, A., and Pfister, J. (1989). Sheep and Alpaca Productivity on High Andean Rangelands in Peru. Journal Animal Science 67 (11), 3087-3095.

Carmean, B. R., Johnson, K. A., Johnson, D., and Johnson, L. (1992). Maintenance energy requirement of llamas. American Journal of Veterinary Research 53 (9), 1696-1698.

Cebra, C. K., Cebra, M. L., Garry, F. B., and Belknap, E. B. (1996). Forestomach acidosis in six New World camelids. Journal of the American Veterinary Medical Association 208, 901-904.

Cebra, C. K., McKane, S. A., and Tornquist, S. J. (2001a). Effects of exogenous insulin on glucose tolerance in alpacas. American Journal of Veterinary Research 62, 1544-1547.

Cebra, C. K., and Tornquist, S. J. (2004). Assessment of the effects of epinephrine and insulin on plasma and serum biochemical variables in llamas and alpacas. American Journal of Veterinary Research 65, 1692-1696.

Cebra, C. K., and Tornquist, S. J. (2005). Evaluation of glucose tolerance and insulin sensitivity in llama crias. American Journal of Veterinary Research 66, 1013-1017.

Cebra, C. K., Tornquist, S. J., Van Saun, R. J., and Smith, B. B. (2001b). Glucose tolerance testing in llamas and alpacas. American Journal of Veterinary Research 62, 682-686.

Chao, R., Xia, C., Pei, C., Huo, W., Liu, Q., Zhang, C., and Ren, Y. (2021). Comparison of the microbial communities of alpacas and sheep fed diets with three different ratios of corn stalk to concentrate. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) 105, 26-34.

Clemens, E. T., and Stevens, C. E. (2009). A comparison of gastrointestinal transit time in ten species of mammal. The Journal of Agricultural Science 94, 735-737.

Cordero F, A., Contreras P, J., Curasma C, J., Tunque Q, M., and Enríquez Q, D. (2018). Degradabilidad y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (Vicugna pacos). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 29, 429-437.

Cummings, J. F., Munnell, J. F., and Vallenas, A. (1972). The mucigenous glandular mucosa in the complex stomach of two new-world camelids, the llama and guanaco. Journal of Morphology 137, 71-109.

Davies, H. L., Robinson, T. F., Roeder, B. L., Sharp, M. E., Johnston, N. P., and Christensen, A. C. (2007a). Plasma metabolites and nitrogen balance in *Lama glama* associated with forage quality at altitude. Small Ruminant Research 69, 1-9.

Davies, H. L., Robinson, T. F., Roeder, B. L., Sharp, M. E., Johnston, N. P., Christensen, A. C., and Schaalje, G. B. (2007b). Digestibility, nitrogen balance, and blood metabolites in llama (*Lama glama*) and alpaca (lama pacos) fed barley or barley alfalfa diets. Small Ruminant Research 73, 1-7.

Dulphy, J. P., Dardillat, C., Jailler, M., and Jouany, J. P. (1994). Comparison of the Intake and Digestibility of Different Diets in Llamas and Sheep - A Preliminary Study. Annales De Zootechnie 43, 379-387.

Dulphy, J. P., Dardillat, C., Jailler, M., and Jouany, J. P. (1998). Intake and digestibility of different forages in llamas compared to sheep. Annales De Zootechnie 47, 75-81.

Eckerlin, R., and Stevens, C. (1973). Bicarbonate secretion by the glandular saccules of the llama stomach. Cornell Veterinarian 63, 436-445.

Engelhardt, W. v., and Schneider, W. (1977a). Energy and nitrogen metabolism in the llama. Anim Res Dev 5, 68-72.

Engelhardt, W. v., and Schneider, W. (1977b). Energy and nitrogen metabolism in the llama. Anim. Res. Develop 5, 68-72.

Firshman, A. M., Cebra, C. K., Schanbacher, B. J., and Seaquist, E. R. (2013). Evaluation of insulin secretion and action in New World camelids. American Journal of Veterinary Research 74, 96-101.

Flores, E., Guevara, V., and Gomez, C. (1989). "Avances en investigación de nutrición en alpacas (Progress in investigation of nutrition in alpacas)," Lima, Peru.

Fowler, M. E. (1989). "Medicine and surgery of South American camelids: llama, alpaca, vicuna, guanaco," 1st ed./ Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Fowler, M. E. (2008). Camelids are not ruminants. In "Zoo and Wild Animal Medicine: Current Therapy" (M. E. Fowler and R. E. Miller, eds.), pp. 375-385. W. B. Saunders, St. Louis, MO.

Fugal, R. A., Anderson, V. J., and Roundy, B. (2010). Exotic grass and shrub production evaluation and llama preference on the Bolivian Altiplano. Small Ruminant Research 94, 150-160.

Genin, D., and Tichit, M. (1997). Degradability of Andrean range forages in llamas and sheep. Journal Range Management 50, 381-385.

Genin, D., Villca, Z., and Abasto, P. (1994). Diet selection and utilization by llama and sheep in a high altitude-arid rangeland of Bolivia. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives 47, 245-248.

Heller, R., Gregory, P., and v Engelhardt, W. (1984). Pattern of motility and flow of digesta in the forestomach of the llama (Lama guanacoe f. glama). Journal of Comparative Physiology B 154, 529-533.

Hinderer, S., and Engelhardt, W. v. (1975). Urea metabolism in the llama. Comp Biochem Physiol A Comp Physiol 52, 619-622.

Hintz, H., Schryver, H., and Halbert, M. (1973). A note on the comparison of digestion by new world camels, sheep and ponies. Animal Science 16, 303-305.

Hoehn, D. A. (2018). Selective foraging behaviour of alpacas and lamas cograzing a natural grassland in the Andes of Peru, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.

Hospinal, R. S. (1997). Nutrición y Alimentación de Alpacas In "Producción de Camélidos Sudamericanos", pp. 163-203, Imprenta Rios Huancayo, Perú.

Huasasquiche, A. (1974). Balance del nitrogeno y digestibilidad en alpacas y ovinos. (Nitrogen balance and digestibility in alpacas and sheep), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru.

Jalali, A. R., Nørgaard, P., Weisbjerg, M. R., and Nielsen, M. O. (2012). Effect of forage quality on intake, chewing activity, faecal particle size distribution, and digestibility of neutral detergent fibre in sheep, goats, and llamas. Small Ruminant Research 103, 143-151.

Liu, Q., Dong, C. S., Li, H. Q., Yang, W. Z., Jiang, J. B., Gao, W. J., Pei, C. X., and Liang, Z. Q. (2009a). Forestomach fermentation characteristics and diet digestibility in alpacas (Lama pacos) and sheep (Ovis aries) fed two forage diets. Animal Feed Science and Technology 154, 151-159.

Liu, Q., Dong, C. S., Li, H. Q., Yang, W. Z., Jiang, J. B., Gao, W. J., Pei, C. X., and Qiao, J. J. (2009b). Effects of feeding sorghum-sudan, alfalfa hay and fresh alfalfa with concentrate on intake, first compartment stomach characteristics, digestibility, nitrogen balance and energy metabolism in alpacas (Lama pacos) at low altitude. Livestock Science 126, 21-27.

López, A., Maiztegui, J., and Cabrera, R. (1998). Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (Lama pacos). Small Ruminant Research 29, 295-301.

Lopez, A., and Raggi, L. A. (1992). Nutritional requirements of South American Camelidae: llamas (*Lama glama*) and alpacas (Lama pacos). Archivos de medicina veterinaria 24, 121-130.

Lopez V, A., Morales S, M. S., Cabrera C, R., and Arias, M. (2001). Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (*Lama glama*). II. heno de trébol rosado (Trifolium pratense), heno de ballica (Lolium multiflorum), paja de poroto (Phaseolus vulgaris) y paja de avena (Avena sativa). Archivos de medicina veterinaria 33, 145-152.

Lopez V, A., Morales S, M. S., Cabrera C, R., and Urra C, X. (2000). Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (*Lama glama*): I.- Heno de alfalfa (Medicago sativa) y paja de trigo (Triticum Aestivum) en diferentes proporciones. *Archivos de medicina veterinaria* **32**, 201-208.

Maiztegui Vendrame, J. A. (1996). Evaluacion de la digestibilidad "in vivo" de cuatro henos en alpacas (lama pacos), y su comparacion "in rumen" entre alpacas y cabras (Capra hircus), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Mertens, D. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. Journal of Dairy Science 80, 1463-1481.

Mertens, D. (2015). Underlying fiber concepts and definitions. In "Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers", pp. 12. Cornell University, Syracuse, NY.

Morin, D. E., Rowan, L. L., Hurley, W. L., and Braselton, W. E. (1995). Composition of milk from llamas in the United States. Journal of Dairy Science 78, 1713-20.

Morvan, B., Bonnemoy, F., Fonty, G., and Gouet, P. (1996). Quantitative determination of H 2-utilizing acetogenic and sulfate-reducing bacteria and methanogenic archaea from digestive tract of different mammals. Current Microbiology 32, 129-133.

NRC, (2007). "Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids," The National Academies Press, Washington, DC.

Navarre, C. B., Pugh, D. G., Heath, A. M., and Simpkins, S. A. (1999). Analysis of first gastric compartment fluid collected via percutaneous paracentesis from healthy llamas. Journal of the American Veterinary Medical Association 214, 812-815.

Netto, A. (2023). Hanging by a thread: Peruvian alpaca breeders' way of life under threat. In "The Guardian". Guardian News & Media Limited, https://www.theguardian.com/global-development/2023/oct/06/hanging-by-a-thread-peruvian-alpaca-breeders-way-of-life-under-threat.

Oldham, C. L., Robinson, T. F., Hunter, Z. R., Taylor, L., White, J., and Johnston, N. P. (2014). Volatile fatty acid profile for grass hay or alfalfa hay fed to alpacas (Vicugna pacos). J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) 98, 908-13.

Oliva, G., Paredes, P., Ferrante, D., Cepeda, C., Rabinovich, J., and Root- Bernstein, M. (2019). Remotely sensed primary productivity shows that domestic and native herbivores combined are overgrazing Patagonia. Journal of Applied Ecology 56, 1575-1584.

Ortiz, C., Cavero, J., Sillau, H., and Cueva, S. (1974). The parotid saliva of the alpaca (Lama pacos). Research Veterinary Science 16, 54-56.

Pacheco, C., and Soza, A. (2004). DECAM-project: determination of the lactation curve and evaluation of the main chemical components of the milk of llamas (*Lama glama*). In "South American Camelids Research", Vol. 1, pp. 155-159. Wageningen Academic Publishers, Netherlands.

Parraguez, V., Latorre, M. T. E., Ferrando, G., and Raggi, L. (2003). Milk composition in alpaca (Lama pacos): comparative study in two regions of Chile. Archivos de Zootecnia 52, 431-439.

Pei, C.-x., Liu, Q., Dong, C.-s., Li, H.-q., Jiang, J.-b., and Gao, W.-j. (2013). Microbial Community in the Forestomachs of Alpacas (Lama pacos) and Sheep (Ovis aries). Journal of Integrative Agriculture 12, 314-318.

Pei, C.-X., Liu, Q., Dong, C.-S., Li, H., Jiang, J.-B., and Gao, W.-J. (2010). Diversity and abundance of the bacterial 16S rRNA gene sequences in forestomach of alpacas (Lama pacos) and sheep (Ovis aries). Anaerobe 16, 426-432.

Pérez, W., König, H. E., Jerbi, H., and Clauss, M. (2016). Macroanatomical aspects of the gastrointestinal tract of the alpaca (Vicugna pacos Linnaeus, 1758) and dromedary (Camelus dromedarius Linnaeus, 1758). Vertebrate Zoology 66, 419-425.

Quispe E, C., Ancco G, E., Van Saun, R. J., and Gomez B, C. (2019). Phosphorus levels and their effects on growth and intake in female alpacas in the Peruvian Andes. Rev Inv Vet Peru 30, 655-662.

Reiner, R. J., and Bryant, F. C. (1986). Botanical composition and nutritional quality of alpaca diets in two Andean rangeland communities. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives 39, 424-427.

Riek, A., and Gerken, M. (2006). Changes in Llama (*Lama glama*) milk composition during lactation. Journal of Dairy Science 89, 3484-93.

Riek, A., and Gerken, M. (2009). Milk intake studies in llamas (*Lama glama*) using the "dose-to-the-mother" technique. Small Ruminant Research 82, 105-111.

Riek, A., Gerken, M., and Moors, E. (2007). Measurement of milk intake in suckling llamas (*Lama glama*) using deuterium oxide dilution. Journal of Dairy Science 90, 867-875.

Robinson, T. F., Roeder, B. L., Schaalje, G. B., Hammer, J. D., Burton, S., and Christensen, M. (2005). Nitrogen balance and blood metabolites of alpaca (Lama pacos) fed three forages of different protein content. Small Ruminant Research 58, 123-133.

Robinson, T. F., Sponheimer, M., Roeder, B. L., Passey, B., Cerling, T. E., Dearing, M. D., and Ehleringer, J. R. (2006). Digestibility and nitrogen retention in llamas and goats fed alfalfa, C3 grass, and C4 grass hays. Small Ruminant Research 64, 162-168.

Roque Huanca, B., Bautista Pampa, J. L., Beltrán Barriga, P. A., Calsín Calsín, B. W., Medina Suca, J. G., Aro Aro, J. M., Araníbar Araníbar, M. J., Sumari Machaca, R., Benito López, D., Marca Choque, U. S., Huareccallo Maquera, J. C., Pari Huacani, J. A., Ramírez Aruquipa, J. E., Condori Apaza, E. R., Roque Huanca, E. O., Chui Betancur, H. N., and Pinares Patino, C. S. (2020). Requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento y ganancia de peso de llamas y alpacas determinados mediante la técnica de sacrificio comparativo. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 31, e16738.

Rübsamen, K., and Engelhardt, W. (1979). Morphological and functional peculiarities of the llama forestomach. In „Annales de Recherches Vétérinaires", Vol. 10, pp. 473-475.

Rübsamen, K., and Engelhardt, W. V. (1978). Bicarbonate secretion and solute absorption in forestomach of the llama. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism 235, E1-6.

Russell, J. B. (2002). "Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition," Department of Microbiology, Cornell University.

San Martin, F., and Bryant, F. (1989). Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. Small Ruminant Research 2, 191-216.

San Martín, F., and Van Saun, R. J. (2014). Feeding management systems. In "Llama and alpaca care: medicine, surgery, reproduction, nutrition, and herd health", pp. 91-100. Elsevier.

San Martin, F. A. (1987). Comparative forage selectivity and nutrition of South American camelids and sheep, Texas Tech University, Lubbock, TX.

Soza Vargas, A., Pacheco, C., Ordoñez, J. R., and Paredes, J. Z. (2004). Evaluación de los principales componentes de la leche, determinación de la curva de lactancia y su relación con el incremento de peso en crías de llama (Evaluation of milk major components, lactation curve determination and its relation to liveweight increase in llama babies). In "South American camelids research", Vol. 1, pp. 15-27. Wageningen Academic Publishers, Netherlands.

Sponheimer, M., Robinson, T., Roeder, B., Hammer, J., Ayliffe, L., Passey, B., Cerling, T., Dearing, D., and Ehleringer, J. (2003). Digestion and passage rates of grass hays by llamas, alpacas, goats, rabbits, and horses. Small Ruminant Research 48, 149-154.

Stieger-Vanegas, S. M., and Cebra, C. K. (2013). Contrast-enhanced computed tomography of the gastrointestinal tract in clinically normal alpacas and llamas. Journal of the American Veterinary Medical Association 242, 254-260.

Stölzl, A. M., Lambertz, C., Moors, E., Stiehl, J., and Gauly, M. (2014). Dry matter intake of South American camelids and its effects on the composition of feed rations. Berl Münch Tierärztl Wochenschr 127, 10-14.

Treydte, A. C., Salvatierra, A., Sauerborn, J., and Lamers, M. (2011). Modelling llama population development under environmental and market constraints in the Bolivian highlands. Ecological Modelling 222, 3157-3165.

Ueda, J., Cebra, C. K., and Tornquist, S. J. (2004). Assessment of the effects of exogenous long-acting insulin on glucose tolerance in alpacas. American Journal of Veterinary Research 65, 1688-1691.

Vallenas, A., Cummings, J. F., and Munnell, J. F. (1971). A Gross Study of the Compartmentalized Stomach of Two New-World Camelids, the Llama and Guanaco. Journal of Morphology 134, 399-423.

Vallenas, A., and Stevens, C. (1971a). Volatile fatty acid concentrations and pH of llama and quanaco forestomach digesta. Cornell Veterinarian 61, 239-252.

Vallenas, A. P., and Stevens, C. E. (1971b). Motility of the llama and guanaco stomach. American Journal of Physiology-Legacy Content 220, 275-282.

Van Saun, R. J. (2006). Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. Small Ruminant Research 61, 165-186.

ECOLOGÍA NUTRICIONAL DE LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS AL PASTOREO
NUTRITIONAL ECOLOGY OF SOUTH AMERICAN CAMELS UNDER GRAZING

Enrique Flores Mariazza [1]

[1]Facultad de Zootecnia, Laboratorio de Ecología Utilización de Pastizales,
Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
efm@lamolina.edu.pe

En este capítulo se describe el comportamiento alimentario de los camélidos en condiciones de puna bajo diferentes tipos de vegetación, bofedales, pajonales y arbustales, utilizando un enfoque de nutrición comparativa. Primero se analiza el contexto ecológico del pastoreo para luego adentrarse en las adaptaciones anatómicas, fisiológicas y psicológicas que le permiten a los camélidos lidiar con las limitaciones que impone el ecosistema de puna, como la presencia de defensas anti herbívoro en la vegetación, sequía y cambio climático. Los resultados revelan que los camélidos son más eficientes masticando el forraje, exhiben patrones marcados de neofobia, forman fuertes aversiones a alimentos tóxicos y toleran mejor el stress hídrico que las ovejas. También que su estrategia alimentaria contiene un fuerte componente exploratorio, acompañado de una rumia eficiente y asignación de una mayor proporción de su tiempo al pastoreo comparado con otras especies de animales domésticos. Finalmente se presentan resultados acerca de cómo la estrategia alimentaria del camélido se puede utilizar para mejorar la producción animal en un escenario de pastoreo mixto y cambio climático.

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS CINÉTICOS DE LA DEGRADABILIDAD IN SITU EN ALPACAS *(VICUGNA PACOS)* MEDIANTE MODELOS NO LINEALES MIXTOS

ESTIMATION OF KINETIC PARAMETERS OF *IN SITU* DEGRADABILITY IN ALPACAS *(VICUGNA PACOS)* USING MIXED NONLINEAR MODELS

José Luis Contreras Paco[1,3*]; Yhan Carlos Rojas de la Cruz., [2]; Manuel Castrejon Valdez[3]; Andrei Jeremy Chavez Raymundo[3]; Angela Milagros Ticllasuca Jurado[3]; Raul Eulogio Quispe Ichpas[3]; Urbina Aguilar Mario Cesar[3]

[1] Laboratorio de nutrición animal y evaluación de alimentos. Escuela profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
[2] Departamento de Estadística, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.
[3] Grupo de investigación de pastos y forrajes-GIPAF. Escuela profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
jose.contreras@unh.edu.pe

El modelo no lineal de Orskov y McDonald es uno de los modelos más utilizados para describir la cinética de la degradación ruminal de diferentes componentes nutritivos. Sin embargo, dicho modelo es comúnmente ajustado bajo el enfoque clásico, considerando un modelo de efectos fijos. El objetivo de este estudio fue identificar el modelo no lineal de Orskov y McDonald que mejor describa la cinética de degradación de la materia seca de la quinua bajo el enfoque de modelos no lineales mixtos. Se utilizó datos provenientes de un experimento factorial implementado en un diseño de bloques completamente al azar, con tres alpacas fistuladas (bloques) y cuatro tratamientos (niveles de melaza: 0, 1.5, 3 y 4.5). La degradabilidad fue determinada por la técnica *in situ* y los tiempos de incubación fueron de 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Para determinar en qué parámetro del modelo es conveniente incluir un efecto aleatorio, se elaboraron gráficos de intervalos de confianza al 95% para cada parámetro. Para determinar el modelo que mejor se ajusta a los datos se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC). La estructura de la matriz de varianzas y covarianzas fue considerada no estructurada. El análisis estadístico fue realizado utilizando el paquete nlme del software R. Los gráficos de intervalo de confianza sugirieron la inclusión de efecto aleatorio en y posiblemente en y , debido a que la presencia de intervalos que no se superponen para estos parámetros fue prácticamente nula. Los valores de AIC y BIC revelaron que el modelo con efecto aleatorio en proporcionó un mejor ajuste en relación al modelo con efectos fijos y a los otros modelos no lineales mixtos. El uso de modelos no lineales mixtos permitió, en general, obtener errores estándar menores asociados a las estimaciones de los parámetros del modelo de Orskov y McDonald.

Palabras clave: cinética de degradación, alpaca, datos longitudinales, efectos aleatorios.

DEGRADABILIDAD POTENCIAL DE LA MATERIA SECA, PROTEÍNA CRUDA Y FIBRA DETERGENTE NEUTRA EN ALPACAS *(VICUGNA PACOS)* DE GRAMÍNEAS EN ÉPOCA DE LLUVIAS

POTENTIAL DEGRADABILITY OF DRY MATTER, CRUDE PROTEIN AND NEUTRAL DETERGENT FIBRE IN GRASS ALPACAS *(VICUGNA PACOS)* IN THE RAINY SEASON

Analy Quispe Moran[1], Frank Omar Maita Urbina[1], Jose Luis Contreras Paco[1,2] , Alfonso Gregorio Cordero Fernandez[2], James Curasma Ccente[2], Odalis Frine Prado Cusiche[2]

[1] Laboratorio de nutrición animal y evaluación de alimentos. Escuela Profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
[2] Grupo de investigación de pastos y forrajes-GIPAF. Escuela Profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
2014111052@unh.edu.pe

El objetivo del estudio fue evaluar la degradabilidad potencial (desaparición) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) en el primer compartimento del tracto digestivo de alpacas de las gramineas: *Festuca dolichophylla* (Fd), *Sipa obtusa* (Sob), *Calamagrostis sp* (Csp), *Stipa ichu* (Sich) *y Muhlenbergia ligularis* (Mli). Se utilizaron tres alpacas de la raza Huacaya con fístula permanente, con media de 65 kg PV. Se incubaron 2.5 g de muestra durante 6, 24 y 72 horas. El tiempo cero (t_0) fue utilizado para el cálculo de las fracciones solubles de los nutrientes. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (tres alpacas) con el arreglo factorial 5 x 4 (gramíneas y tiempos de incubación). Las gramíneas, tiempo de incubación e interacción entre estos factores influenciaron en la degradabilidad potencial de la MS, PC y FDN. La degradabilidad potencial de estos nutrientes aumentó linealmente con el tiempo de incubación. La mayor degradabilidad en la materia seca y proteína cruda sobre salió la *F. dolichophylla*, mientras que la *M. ligularis* presento la menor degradabilidad de la FDN.

MÉTODOS INDIRECTOS PARA ESTIMAR EL CONSUMO DE ALIMENTO EN ALPACAS BASADOS EN LA DEGRADABILIDAD DE LA DIETA, COMPOSICIÓN DE LAS HECES Y EL PESO VIVO

J.C. Álvarez Martínez[1] · C.S. Zaga Alarcón[1] · K. Salazar-Cubillas[2] · G. Gómez-Oquendo[1,3]

[1]Universidad Científica del Sur, Facultad de Ciencias Biológicas y Veterinarias, 15067 Lima, Perú.
[2]Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Instituto de Nutrición Animal y Fisiología, 24118 Kiel, Alemania.
[3]Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Zootecnia, 15024 Lima, Perú.

En el presente estudio, se evaluaron métodos indirectos para estimar el consumo de materia seca en alpacas en estado estabulado, basados en la degradabilidad *in situ* de la materia seca de la dieta, la concentración de proteína cruda en las heces y el peso vivo. El consumo de materia seca se midió (ofrecido – residuo) en 8 alpacas alimentadas con 3 dietas iso-proteicas (10% proteína cruda) e iso-energéticas (7 MJ/kg de materia seca), variando únicamente las concentraciones de proteína sobrepasante, durante 5 días por período y a lo largo de 3 períodos (n = 120). Los métodos utilizados para predecir el consumo de materia seca incluyeron las ecuaciones de Orskov et al. (1998), Shem et al. (1995) y von Keyserling y Mathison (1989), que estiman el consumo de alimento en base a parámetros obtenidos de la degradabilidad *in situ* de la materia seca de la dieta (a, b, y c). Estos valores fueron obtenidos a través de un ensayo *in situ* utilizando los mismos insumos que consumieron los animales durante el experimento, pero en animales diferentes. El tercer método utilizó la ecuación propuesta por Obregón (2022), la cual estima el consumo de materia seca a partir de la concentración de proteína cruda en las heces y la producción total de materia orgánica en heces. Para ello, se colectaron y analizaron muestras diarias de heces para determinar la concentración de materia orgánica y proteína cruda. El último método utilizó las recomendaciones de San Martín y Van Saun (2014), que predicen el consumo de materia seca como porcentaje del peso vivo (1.83%). La precisión de las predicciones se evaluó mediante el error cuadrático medio (RMSE) expresado como porcentaje de la media. Se seleccionaron las dos mejores predicciones y se llevó a cabo un ANOVA entre las dietas para evaluar la capacidad de los métodos para clasificar las dietas correctamente. El consumo de materia seca medido fue de 1.05 kg con una desviación estándar (SD) de 0.17. Las ecuaciones de Orskov (6.69 kg, SD 0.36), Shem et al. (5.65 kg, SD 0.25) y Von Keyserling y Mathison (2.74 kg, SD 0.22) tienden a sobreestimar el consumo de materia seca, mientras que la ecuación de Obregón (0.74 kg, SD 0.22) y San Martín y Van Saun (0.96 kg, SD 0.17) tienden a subestimar el consumo de alimento. El RMSE varió entre 15% y 536%, siendo los valores más bajos y, por tanto, más precisos los obtenidos por la ecuación de Obregón (35.93%) y de San Martín y Van Saun (15.09%). No se observaron diferencias significativas entre dietas en el consumo de materia seca medido (p valor = 0.66), consistente con las predicciones de Obregón (p valor = 0.85) y de San Martín y Van Saun (p valor = 1.00). Sin embargo, el ranking donde la dieta 2 presentó un mayor consumo que las dietas 3 y 1, fue observado en los valores predichos por Obregón, pero no en los de San Martín y Van Saun. En conclusión, aunque utilizar un porcentaje fijo basado en el peso vivo genera una predicción más precisa del consumo de alimento, no es un buen indicador para evaluar diferencias entre tratamientos cuando se investigan cambios en la dieta. La ecuación desarrollada por Obregón es más sensible para identificar estos cambios, pero requiere validación con un mayor número de datos para reducir su error esperado.

UTILIZANDO UNIDADES DE RESPUESTA ECOLÓGICA PARA ESTIMAR EL ESTATUS ECOLÓGICO DE LOS PASTIZALES: CASO FUNDO ALPAQUERO SORANI - PUNO

USE OF ECOLOGICAL RESPONSE UNITS TO ESTIMATE THE ECOLOGICAL STATUS OF RANGELAND: THE CASE OF SORANI ALPACA RANCH - PUNO

Enrique Flores Mariazza[1*]; Javier Ñaupari Vasquez[1]; Raul Tácuna Cespedes[1]; Brian Sono Albinagorta[1]; Remzi Zárate Díaz[1]; Daniel Ponce Salazar[2]; Moises Asparrin del Carpio[2]

[1] Facultad de Zootecnia, Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú.
[2] Fundo Alpaquero Michell, Puno. Perú.
lab_pastizales@lamolina.edu.pe

El Rancho Sorani es un referente en la crianza de alpacas y manejo de pastizales que abarcan una superficie de 2872 hectáreas pastoreables y 138 hectáreas de protección, dominadas por pajonales. Un total 2302 madres y 1422 unidades acompañantes (tuis, machos y animales de saca) pastorean bajo un régimen de uso continuo estacional en 18 potreros, en cuyo interior se alberga 13 Unidades de Respuesta Ecológica (URE). El objetivo de este estudio fue estimar el valor de los atributos, condición ecológica, tendencia y el estatus ecohidrológico y a partir de ello la capacidad de carga y el balance forrajero. Metodologías estándares establecidas por la Sociedad de Manejo de Pastizales fueron utilizadas para estimar los indicadores de cada uno de los tres atributos en cuestión. Condición (valor forrajero, intensidad de pastoreo, nivel de perturbación, regeneración de plántulas y salud del suelo), tendencia (presencia de plántulas jóvenes, mantillo y presencia de plantas en pedestal y presencia de malezas) y estatus ecohidrológico (grado de erosión, suelo desnudo, composición florística, compactación y escorrentía). Los resultados revelaron que las UREs estaban en su mayoría en condición buena, la tendencia positiva y la función hidrológica saludable. Cuando se estimo el balance forrajero y la capacidad de carga se encontró que el balance era positivo y la densidad de carga era moderada revelando que el fundo aplica una estrategia acorde con los retos que impone el cambio climático y la presencia más cada vez más frecuente de periodos de sequía y friaje. Se recomienda diseñar un sistema de monitoreo que permita desarrollar un plan de manejo adaptativo para lidiar con la cada vez mayor impredecibilidad del clima y la presencia de eventos extremos.

Palabras clave: Condición, Unidades de Respuesta Ecológica, atributos.

SIMULACIÓN DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO SOBRE LA BIOMASA EN UN ECOSISTEMA BOFEDAL

SIMULATION OF GRAZING INTENSITY ON BIOMASS IN A BOFEDAL ECOSYSTEM

Jose Luis Contreras Paco[1,2*], Bill Yalli Huamani [3], Manuel Castrejon Valdez[2], Andrei Jeremy Chavez Raymundo[2] , Alex Ayravilca Quispe[2] , Alfonso Gregório Cordero Fernandez[2]
[1] Laboratorio de nutrición animal y evaluación de alimentos. Escuela profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
[2] Grupo de investigación de pastos y forrajes-GIPAF. Escuela profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
[3]Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Sede Central Lima, Perú.
jose.contreras@unh.edu.pe

Los sistemas de producción de camélidos, ovinos y bovinos en las zonas altoandinas utilizan los pastos naturales como único recurso alimentario. Sin embargo, estos ecosistemas, como muchos otros, se encuentran en un constante estado de vulnerabilidad, bajo las amenazas del cambio climático y las actividades humanas con la intensificación del uso comunal del territorio. El estudio se llevó a cabo en el sector Sacsalla área de pastoreo de vicuñas a una altitud de 4563 m.s.n.m. que pertenece al centro de Investigación y desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica, región Huancavelica, Perú. El objetivo del presente estudio fue determinar los impactos de tres intensidades de pastoreo: intensidad alta (IA), intensidad media (IM) e intensidad baja (IB) a través de simulación de pastoreo sobre la biomasa, contenido de materia seca, materia orgánica e inorgánica en un ecosistema bofedal de carácter temporal, establecidos en 12 parcelas experimentales de 1x 1m^2. La vegetación predominante fueron *Cinnagrostis chrisantha, seguido Carex sp.* y presencia *Lachemilla pinnata* especies vegetales deseables para vicuñas (*Vicugna vicugna*). Se utilizó un diseño completamente al azar donde los tratamientos consistieron en la simulación de tres intensidades (IA: intensidad alta, IM: intensidad media, IB: intensidad baja) con sus respectivas cuatro repeticiones. Las variables a medir fueron producción de biomasa en seco (kgMS/ha), porcentaje de materia seca (%MS), inorgánica (%MI) y orgánica (%MO). Las intensidades difieren ($p<0.05$) entre tratamientos con respecto a la biomasa y %MS, cuyas medias en biomasa fue superior al simular en la intensidad alta de 3127kgMS/ha frente a una intensidad media y baja (2675.9 y 882.1 kg MS/ ha). La materia orgánica e inorgánica obtuvo valores similares. Concluyéndose que en medida se incrementan las intensidades de pastoreo existe mayor consumo de biomasa del pastizal, mientras el manejo de carga con intensidad baja podría ser una alternativa para su recuperación y conservación de la condición ecológica de los bofedales.

Palabras clave: Intensidad, pastoreo, biomasa, bofedal

PREDICCIÓN DE BIOMASA AÉREA A PARTIR DE ALTURA DE PLANTA EN DIFERENTES POBLACIONES DE *FESTUCA DOLICHOPHYLLA*

AERIAL BIOMASS PREDICTION FROM PLANT HEIGHT IN DIFFERENT POPULATIONS OF *FESTUCA DOLICHOPHYLLA*

Ysai Paucar Sullca[1]*; Samuel Porfirio Paucar Sullca[2]; José Luis Contreras Paco[3]

[1]Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas, Perú.
[2]Comunidad Campesina Pastales Huando, Huancavelica, Perú.
[3]Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
ysai.paucar@untrm.edu.pe

La crianza de Camélidos Sudamericanos en la Puna Peruana es una fuente de ingresos económicos para las familias muchas familias, por su producción de fibra y carne. La principal fuente de alimento de estos animales son los pastizales naturales, donde la *Festuca dolichophylla* es una especie deseable. En esta especie se ha realizado estudios de caracterización productiva y morfológica, la producción de biomasa individual se obtiene por métodos destructivos; pero es necesario estimar la biomasa por métodos no destructivos para la toma de decisiones inmediatas sobre el pastoreo o uso en procesos de selección de las mejores plantas. Por ello, el objetivo de este estudio fue buscar ecuaciones para estimar la biomasa aérea a partir de altura de planta en cinco poblaciones de *F. dolichophylla*: Comunidad Campesina Pastales Huando - Huancavelica (CCPH), Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica (CIDCSL), Junín, Pasco y Puno. Se realizaron mediciones de altura en 67 plantas en total, estas crecieron en condiciones similares en la CCPH, luego se colectaron para obtener la materia seca; Además se obtuvo ecuaciones para estimar la biomasa aérea a partir de la altura de planta en un modelo de regresión lineal simple. Plantas procedentes de Puno fueron más grandes y tuvieron más producción de materia seca aérea ($p<0.05$) en comparación al resto de las poblaciones. Los coeficientes de regresión (error estándar) fueron -29.02 (10.83) y 1.73 (0.24) para el intercepto y la pendiente respectivamente para el total de datos, con un r^2 de 0.45; pero al obtener los coeficientes por población, estas fueron diferentes. Estudios previos muestran que estas poblaciones muestran diferente morfología y producción, por ello sería necesario obtener otras medidas alométricas para predecir la producción de biomasa con mayor precisión y estas serían específicas para cada población.

Palabras clave: *Festuca dolichophylla*, biomasa, predicción.

EVALUACIÓN AGROSTOLÓGICA Y RECEPTIVIDAD DE VICUÑAS PARA CONSERVACIÓN SOSTENIBLE DE PRADERAS ALTOANDINAS DE LA RESERVA NACIONAL DE SALINAS -AREQUIPA

AGROSTOLOGICAL EVALUATION AND RECEPTIVITY OF VICUÑAS FOR SUSTAINABLE CONSERVATION OF HIGH ANDEAN GRASSLANDS OF THE NATIONAL RESERVE OF SALINAS - AREQUIPA

Denis Pilares Figueroa [1]*; Sandro Begazo Rodríguez [1] ; Alexander Obando Sánchez[1]

[1]Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú
dpilares@unsa.edu.pe, dpilares@ucsm.edu.pe

El estudio se realizó en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Región Arequipa a una altitud promedio de 4300 m.s.n.m. Circunscrita por planicies altoandinas, espejos de agua y bofedales comparten el gélido ecosistema particular; con influencia de vientos fríos de la región altiplánica, provocan una variedad de descargas hídricas que son retenidas por la biomasa herbáceas de Yaretales, Queñuales, Pajonales y Tolares, recurso alimenticio aprovechado por las Vicuñas de manera selectiva principalmente. La investigación tuvo como objetivo realizar la evaluación agrostologica y receptividad de vicuñas para proponer un manejo sostenible en las praderas naturales altoandinas de la reserva. Para la realizar la evaluación agrostologica se aplicó la metodología transeccional al paso, dentro de la Comunidad Campesina de Tambo Cañahuas, como parte de los poblados pertenecientes dentro de la zona de la Reserva, con el propósito de identificar y describir las variables intervinientes para proponer un programa de conservación sostenible de las praderas altoandinas de la reserva. Los resultados mostraron que en las praderas naturales, la composición florística se enfocan en la diversidad y riqueza de especies con una tendencia decreciente de 29.67% , determinando un índice forrajero de 25.01%, con una calidad agrológica de 42.64% y un índice de vigor de 48.01%.; así mismo se evaluó que la condición de las praderas naturales y bofedales secos es pobre, además se determinó que la receptividad de las praderas altoandinas circundantes posee un índice de 0.55 vicuñas/ha/año, variando según la temporada del año. Concluyendo que la receptividad de la zona de reserva de aguada blanca en función a la condición actual de las praderas es de 95 897 vicuñas por año.

Palabras Clave: Agresología, pradera, pajonales, queñuales, yaretales

ADAPTABILIDAD DE TRES VARIEDADES DE AVENA FORRAJERA *(AVENA SATIVA L.)* EN CONDICIONES DE PUNA SECA PARA ALIMENTACIÓN DE ALPACAS EN SUMBAY – AREQUIPA

ADAPTABILITY OF THREE VARIETIES OF FORAGE OATS (AVENA SATIVA L.) IN DRY PUNA CONDITIONS FOR FEEDING ALPACAS IN SUMBAY – AREQUIPA

Denis Pilares Figueroa [1] *; Juvenal Mamani Calcina [2]; German Calle Chirinos [1]

[1] Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú
[2] Centro Internacional en Biociencia e Innovación Sumbay, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa
dpilares@unsa.edu.pe

La Adaptabilidad de tres variedades de avena forrajera (Avena sativa L.) en condiciones de puna seca, Sumbay, a una altitud de 4100 m.s.n.m, región de Arequipa con fines de alimentación de alpacas, el objetivo de la investigación fue evaluar la adaptabilidad y resistencia de tres variedades de avena forrajera en relación con las condiciones edafo- climáticas extremas de la puna seca; así mismo se determinó su poder germinativo, crecimiento y desarrollo de los sendos cultivos forrajeros en condiciones climáticas de tundra. Se aplico la metodología experimental de parcelas demostrativas utilizando una distribución de diseño de bloques completos al azar con tres variedades diferentes de avena. Se evaluaron indicadores agronómicos, como la cantidad de macollos, la altura de la planta, el rendimiento productivo de forraje verde y la materia seca. Los resultados evidenciaron que la introducción de la avena en los sistemas forrajeros en la región de la Puna dio como resultado un mayor valor nutricional y un mayor rendimiento productivo, con fines de alimentación de alpacas, los mismo que fueron analizados utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Duncan (α = 0,05) para determinar las diferencias entre los tratamientos. Se determinó que la variedad INIA 902 Africana presentó la mayor altura de planta, mayor cantidad de macollos, un menor tiempo de panojado, la mejor proporción de hojas por tallo, por consiguiente mayor valor nutritivo, como calidad forrajera con un rendimiento en materia verde con 82,32 t/ha, y 10,3 t/ha de MS; así mismo se pudo demostrar que la variedad INIA 904 Vilcanota, presento el mayor rendimiento con 11.59 t/ha. y la de menor rendimiento en materia seca INIA 903 Tayko con 9.83 t/ha, respectivamente.

Palabras claves: Adaptabilidad, tundra, macollamiento, materia seca; rendimiento.

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA Y DENSIDAD DE SIEMBRA DE TRÉBOL BLANCO EN LA RELACIÓN GRAMÍNEA-LEGUMINOSA EN UN PAJONAL DE PUNA HÚMEDA

EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZATION AND SEEDING DENSITY WHITE CLOVER ON THE GRASS-LEGUME RATIO IN A HUMID PUNA GRASSLAND

Javier A. Orellana[1,2,3], Lucrecia Aguirre[1,4] y Enrique R. Flores[1,4]

La introducción de leguminosas exóticas (*Trifolium repens*) en pajonales de puna húmeda mejora la calidad forrajera, demandando un manejo agronómico adecuado para evitar que la leguminosa exceda límites y afecte la integridad del ecosistema natural. El objetivo fue determinar la influencia de la fertilización fosfatada y densidad de siembra (leguminosa) sobre la proporción gramínea – leguminosa, en un pajonal dominado por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum*, durante dos años, a partir de los porcentajes de sobrevivencia, establecimiento y cobertura relativa de trébol blanco, en un área experimental ubicada en la Región Huancavelica de Perú (4 500 msnm). Se utilizó el DCA con arreglo factorial 3x2, con tres dosis de fósforo (0, 15 y 30 g de roca fosfatada) y dos densidades de siembra (20 y 40 semillas por hoyo). La mejor respuesta a la fertilización se obtuvo con la aplicación de 15 g de roca fosfatada por hoyo. La densidad de siembra con la que se obtuvieron los mejores resultados en términos de porcentaje de cobertura del trébol en la pradera nativa fue de 20 semillas por hoyo. Los patrones de cobertura de trébol blanco variaron con la época, con mayores proporciones en la época lluviosa que en la época seca observándose un incremento de la presencia del trébol con los años lo cual no excedió en promedio la relación gramínea leguminosa recomendable. Los ensayos se realizaron en ausencia del pastoreo, factor determinante del balance gramínea – leguminosa. Se recomienda examinar las interacciones entre densidad de siembra y fertilización bajo diferentes esquemas de pastoreo en el balance gramínea – leguminosa y la integridad del ecosistema.

Palabras clave: fertilización, densidad, trébol blanco, pradera natural, ecosistema.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA SIEMBRA DE PASTOS CULTIVADOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE COOPECAN PERÚ

Dagoberto Fernández Palacios[1*]; Carlos Pacheco-Paretto[2]

[1]Cooperativa de Producción y Servicios Especiales de los Productores de camélidos Andinos Ltda. | Coopecan, Lima, Perú
[2] Cooperativa de Producción y Servicios Especiales de los Productores de camélidos Andinos Ltda. | Coopecan Arequipa, Perú
dfernandez@coopecan.pe

Los pastizales andinos constituyen un ecosistema de imprescindible para la producción de fibra de alpaca, puesto que proveen el principal recurso alimenticio, limitante para el crecimiento y reproducción de ganado alpaquero, sin embargo, estos pastizales suelen tener una dinámica muy variable, expandiendo y reduciendo su cobertura en función de las condiciones climáticas o actividades antrópicas, en este contexto COOPECAN Perú, introdujo la práctica de cultivo de pastizales tanto en exteriores como en invernaderos, a fin de poseer una fuente de alimento constante para la crianza alpaquera. A 5 años de la siembra masiva de pastos tanto a campo abierto como en invernaderos, decidimos evaluar los efectos ambientales generados, a través de 3 técnicas, la evaluación de la dinámica de cobertura vegetal por medio de imágenes satelitales trabajadas por medio del índice NDVI, la determinación de las condiciones edáficas del suelo por medio de cromatografía y la evolución del valor ecosistémico de los pastizales naturales por el método de valorización por valor de mercado y valor potencial. Los resultados demuestran la presencia de impactos positivos, tales como son la reducción del porcentaje de perdida de cobertura vegetal entre la época seca y lluviosa durante los últimos 3 años, un correcto mantenimiento en cuanto a la composición del suelo donde se realizaron los cultivos en comparación con suelo naturales, no observándose degradación aparente, y finalmente se determinó un incremento del valor ecosistémico de los pastizales pasando de un valor de 4 millones a 10 millones de soles en promedio anual.

Palabras clave: Pastizales; cromatografía; impacto ambiental; valor ecosistémico; NDVI.

EJE TEMÁTICO II:
GENÉTICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

MANEJANDO LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL COLOR DE VELLÓN EN LLAMAS Y ALPACAS

Florencia Di Rocco[1], Melina Anello[1]

[1]Laboratorio de Genética Molecular, Instituto Multidisciplinario de Biología Celular, La Plata, Argentina

Resumen

El precio final de la fibra de llamas y alpacas depende de varios atributos, entre ellos el color. El mercado textil, tradicionalmente ha preferido la fibra blanca por su facilidad para la tinción, lo que condujo a un "blanqueo" de los rebaños, principalmente en Perú, y en menor medida en otros países como Argentina. Esta tendencia se ha ido revirtiendo debido al cambio en el perfil de los consumidores y al contexto mundial de preferencia por productos naturales, por lo que las fibras de camélidos con su amplia variedad de colores ofrecen una oportunidad de cubrir esa demanda.

En los últimos años, se ha avanzado en el conocimiento de los genes que controlan la pigmentación en camélidos y se han identificado molecularmente las variantes responsables de los colores básicos de capa. El presente artículo tiene como objetivo presentar una breve revisión de la genética del color de capa en llamas y discutir la utilidad de los test genéticos en el manejo de la diversidad genética y en el diseño de apareamientos para obtener los fenotipos de color de interés y evitar los no deseados.

1. Variación natural del color en llamas y alpacas e importancia en la industria textil

El color de la capa o manto se define como la coloración del pelo que recubre el cuerpo de los mamíferos incluidos la piel y los ojos.

En las alpacas hay descriptos más de 22 colores naturales, observándose una variación aún mayor en las llamas, siendo frecuentes los patrones de color doble, triple y manchados. Esta diversidad fenotípica presenta variaciones regionales, ya que está relacionada con el grado de selección de las tropas y con los objetivos de producción.

En la zona de Huancavelica, Perú, según datos de Oria y col. (2009) el 66% de las alpacas presentaron color blanco, con un 20 % manchados y también fueron frecuentes los colores crema y café, en sus distintas gamas. Los colores gris y negro fueron los más raros en esta región. Por otro lado, para la región de Puno, Perú, Castillo Quispe y col. (2016) observaron una frecuencia aún más alta de animales blancos, que alcanzaron el 90 %. La distribución de colores en alpacas de comunidad Originaria Chacaltaya del departamento de La Paz, Bolivia fue parecida a la de Huancavelica, con una predominancia de blanco (67.11 %), seguido del beige (10.53%) y del color "vicuña" (10.20%). Los colores café oscuro marrón y café oscuro negro se encontraron en menor proporción y el negro y el gris fueron los menos frecuentes (Quispe y col.,2023). Para las tropas de llamas argentinas de la provincia de Jujuy (Hick et al., 2014) también reportaron una prevalencia del color blanco, pero en una proporción más baja (40%) que las mencionadas previamente. En cambio, en la provincia de Catamarca prevalece el color marrón en sus distintas variantes (Frank, 1996). Ocurre algo semejante en llamas de Bolivia, donde el 30-40 % de animales fueron marrón o café, con una frecuencia de blanco relativamente baja (8-15%) y cerca de un

30% de animales manchados (Rodriguez, 1991) Probablemente, estos datos reflejen la menor presión de selección hacia las capas uniformes en las llamas, que son criadas con propósitos múltiples, en comparación con las alpacas, que son criadas principalmente para producción de fibra.

Tradicionalmente, el color blanco ha sido el preferido por la industria porque se puede teñir sin blanquear. Debido a la presión a favor de las alpacas blancas, ha habido una disminución significativa en animales de colores, especialmente en Perú (Hick et al., 2009), con consecuentes pérdidas de diversidad genética. Sin embargo esta tendencia está cambiando y hoy en día, el valor de un fenotipo de un color particular depende del objetivo de producción. Por ejemplo, los animales con pelajes no uniformes son de menor valor para la producción de fibra, pero son más demandados como mascotas, para el turismo o para exhibiciones.

Afortunadamente, en los últimos años, la demanda de colores naturales por parte de la industria textil ha aumentado junto con la tendencia mundial hacia el consumo de productos ecológicos. En este contexto, la gran diversidad de colores naturales que ofrecen los camélidos domésticos sudamericanos resulta muy atractivos para el mercado actual (Kozłowski & Mackiewicz-Talarczyk, 2020).

2. Genética del color

La herencia del color de capa en los camélidos domésticos sudamericanos es compleja y frecuentemente conduce a resultados inesperados para los criadores. El apareamiento entre dos animales blancos puede producir una cría de color y a menudo se obtienen animales manchados. Como la predicción del color es bastante difícil basándose únicamente en la apariencia de los padres, es necesario comprender mejor cómo se hereda el color y qué genes están involucrados.

Existe una variedad de denominaciones para designar los colores de las llamas y las alpacas. Para la industria la fibra suele clasificarse en cinco colores principales: blanco, crema, café, gris y negro. Si bien los términos “crema”, “café” o “gris” resultan útiles para clasificar a la fibra desde el punto de vista textil, no son aplicables a la asignación del fenotipo de los animales, ya que son subjetivos y carecen de una base lógica desde el punto de vista biológico.

Desde el punto de vista genético, existen solo dos colores básicos de capa: negro (pigmento eumelánico) y rojizo (pigmento feomelánico). La expresión de estos pigmentos es determinada por la acción de dos genes, ASIP y MC1R. Así, todos los colores que podemos observar resultan de las proporciones relativas de estos dos pigmentos. Además, existen otros genes modificadores, que pueden diluir el color de base o alterar los patrones de distribución, generando la diversidad de fenotipos que existen.

El blanco representa la ausencia de pigmentos y puede ser producido por mutaciones en genes que intervienen en la migración y supervivencia de los melanocitos (KIT, MITF), que son las células donde se produce la síntesis de pigmentos, o en genes como TYR, que codifica la enzima tirosinasa, fundamental en la síntesis de los pigmentos. Mutaciones en este último gen resultan en fenotipos albinos o hipopigmentados. Adicionalmente, otros genes han sido asociados al blanco en diferentes especies (Reiner et al., 2020).

Se postula que ASIP presenta cuatro alelos para la alpaca (Munyard,2011), y posiblemente para la llama, en el siguiente orden de dominancia:

A = blanco a marrón claro

Ab = marrón rojizo con extremidades negras

at = negro y tostado (patrón tipo ”dóberman”)

a = negro

El color negro es de herencia recesiva y está determinado por tres mutaciones diferentes en la alpaca: c.292C>T (alelo a1), c.325_381del57 (alelo a2), y c.353G>A (alelo a3). Los animales negros llevan dos copias de una u otra de estas mutaciones (Feeley et al., 2011). Las dos primeras son responsables del mismo fenotipo en las llamas, mientras que la tercera es bastante infrecuente en esta especie (Daverio et al., 2016; Marín et al., 2018)

El gen MC1R es muy variable en las llamas y alpacas. Entre todos los polimorfismos reportados, una combinación de ellos, lo que se denomina "haplotipo", ha sido asociado con la capacidad de producir o no eumelanina. Las alpacas con al menos un alelo del MC1R con la combinación c.82A/ c.901C (alelo E) son eumelánicas , mientras que los homocigotas para la combinación c.82G/c.901T (e/e) son incapaces de producir este pigmento, y en su lugar expresan feomelanina (Feeley & Munyard, 2009).

En la llama se han descripto tres alelos del MC1R: E, E+ y e. Un haplotipo particular (c.259A/c.376A/ c.383T), diferente al de las alpacas, determina la capacidad de producir eumelanina. Una sola copia de este alelo (E), es suficiente para producir un pelaje de color, que puede ser negro si ambos alelos de ASIP están mutados (genotipo aa) o marrón rojizo si ASIP es funcional (genotipos AA o Aa).Por el contrario, si el animal es homocigota para el haplotipo MC1R c.259G/c.376G/c.383C (ee), su pelaje será blanco, independientemente de los alelos presentes en ASIP (Daverio et al., 2016; Anello et al., 2022).

El alelo silvestre (E+), idéntico en secuencia al del guanaco, tiene una frecuencia total de alrededor del 20% en las llamas argentinas (Daverio et al., 2016) siendo los genotipos E+/e y E+/E+ muy frecuentes en las llamas blancas.

En la Tabla 1 se resumen las combinaciones alélicas de ASIP y *MC1R* y los fenotipos resultantes para alpacas y llamas.

Tabla 1. Combinaciones de genotipos de MC1R y ASIP y fenotipos de color observados.

Genotipos		Colores	
MC1R	ASIP	Alpaca	Llama
E/-	A/-	blanco o marrón	marrón
	a/a	negro	negro
e/e	A/-	marrón o blanco	blanco
	a/a	marrón	blanco
E+/e	A/-	-	Blanco o marrón (raramente)
	a/a	-	negro
E+/E+	A/-	-	Blanco o marrón (raramente)
	a/a	-	negro

a=a1, a2 o a3. (Tabla reproducida de Anello et al.,2022)

Como se observa de la Tabla1, en algunos casos diferentes fenotipos de color pueden compartir el mismo genotipo de MC1R y ASIP. Esto sugiere que hay otros alelos involucrados en la determinación del color que aún no han sido identificados molecularmente. La región regulatoria de ASIP es extensa y compleja.

Contiene varios exones que se transcriben alternativamente, y controlan la expresión temporal y espacial de ese gen resultando en distintos patrones de pigmentación. Por lo tanto, es posible que mutaciones aun no identificadas en esa región, puedan modificar los fenotipos resultantes.

Gris clásico en alpacas

El fenotipo gris clásico en la alpaca se caracteriza por la presencia de un vellón color gris cubriendo el cuerpo, con zonas blancas, especialmente en la cabeza y el cuello.

Este fenotipo es diferente del gris que presentan las llamas, que es más uniforme y la coloración de la cabeza suele ser oscura (Fig. 1A y 1B).

Fig.1. A) Llama gris. F) Alpaca gris clásico.
Figura modificada de Anello et al.,2022

La mutación responsable del fenotipo gris clásico (*classic grey*) se localiza en el exón 3 del gen KIT (Jones et al., 2019). La alpacas grises son heterocigotas para la mutación c.376G>A (p.Gly126Arg), lo mismo que las alpacas blancas con ojos azules, sospechándose que este último fenotipo es causado por el alelo del gris clásico en combinación con otro alelo responsable de la mancha blanca que aún no ha sido identificado (Jackling et al., 2014). No se han encontrado individuos homocigotas para la mutación c.376G>A, por lo que se cree que esta condición causa letalidad embrionaria (Jones et al., 2019).

3. Conclusiones

Las llamas y alpacas presentan una enorme variedad de colores que ameritan ser conservados, no solo por su valor económico sino también cultural. Por otra parte, las demandas del mercado son cambiantes, por lo que es importante conservar el pool genético de color para cubrir necesidades futuras. En ese sentido el testeo genético se presenta como una herramienta muy útil para aplicar en producción. Mediante el conocimiento del genotipo de los reproductores, pueden diseñarse los apareamientos de manera tal de

maximizar las posibilidades de obtener animales con el color deseado, teniendo en cuenta también la preservación de la diversidad de alelos de color, mediante la cruza de animales con diferente genotipo. Adicionalmente, los test genéticos pueden ser aplicados para prevenir condiciones de salud asociadas al color como es el caso del gris letal.

Referencias

Anello, M., Daverio, M. S., & Di Rocco, F. (2022). Genetics of coat color and fiber production traits in llamas and alpacas. Animal Frontiers, 12(4), 78–86. https://doi.org/10.1093/af/vfac050

Castillo Quispe, Y., Gallegos Acero, R. F., Huanca Mamani, T., Mamani Cato, R.(2016) Frecuencia del color de fibra y defectos genéticos en alpacas (Vicugna pacos L.) en comunidades del distrito de Cabanilla – Lampa.Ciencia Animal 1(1): 48-55

Daverio,M.S., Rigalt, F., Romero, S.R., Vidal-Rioja, L.B., & Di Rocco, F. (2016). *Polymorphisms in MC1R and ASIP genes and their association with coat color phenotypes in llamas (Lama glama)*. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.08.003

Feeley, N., Bottomley, S., & Munyard, K. (2011). Three novel mutations in ASIP are associated with black. J Agr Sci, 149. https://doi.org/10.1017/S0021859610001231

Feeley, N., & Munyard, K. (2009). Characterisation of the melanocortin-1 receptor gene in alpaca and identification of possible markers associated with phenotypic variations in colour. Anim Prod Sci, 49. https://doi.org/10.1071/AN09005

Frank, E.N., 1996. Genetic Improvement of fibre production in South American Domestic Camelids An approach for Argentina population (Invited paper). In: Gerken, M., Renieri, C. (Eds.). Second European Symposium on South American Camelids, Camerino, Italia

Hick, M. V. H., Frank, E. N., Prieto, A., & Castillo, M. F. (2014). Etnozootecnia de poblaciones de Llamas (*Lama glama*) productoras de fibra de la provincia de Jujuy, Argentina. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.22, 1–8.

Hick, M. V. H., Lamas, H. E., Echenique, J., Prieto, A., Castillo, M. F., & Frank, E. N. (2009). Estudio demográfico de los atributos morfológicos y productivos en poblaciones de llamas (Lama *glama*) de la provincia de Jujuy, Argentina. In Animal Genetic Resources Information (Vol. 45, Issue May 2014). https://doi.org/10.1017/s1014233909990368

Jackling, F. C., Johnson, W. E., & Appleton, B. R. (2014). The genetic inheritance of the blue-eyed white phenotype in alpacas (Vicugna pacos). The Journal of Heredity, 105(6), 847–857. https://doi.org/10.1093/jhered/ess093

Jones, M., Sergeant, C., Richardson, M., Groth, D., Brooks, S., & Munyard, K. (2019). A non-synonymous SNP in exon 3 of the KIT gene is responsible for the classic grey phenotype in alpacas (Vicugna pacos). Animal Genetics, 50(5), 493–500. https://doi.org/10.1111/AGE.12814

Kozłowski, R. M., & Mackiewicz-Talarczyk, M. (2020). Introduction to natural textile fibres. Handbook of Natural Fibres: Second Edition, 1, 1–13. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818398-4.00001-3

Marín, J. C., Rivera, R., Varas, V., Cortés, J., Agapito, A., Chero, A., Chávez, A., Johnson, W. E., & Orozco-terWengel, P. (2018). Genetic Variation in Coat Colour Genes MC1R and ASIP Provides Insights Into Domestication and Management of South American Camelids. Frontiers in Genetics, 9. https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00487

Munyard, K. (2011) Inheritance of White Colour in Alpacas [cited 2024 June 12]. Available from:http://www.alpaca.asn.au/pub/about/info/readings/docs/inheritance_white_colour.pdf.

Oria, I., Quicaño, I., Quispe, E., & Alfonso, L. (2009). Variabilidad del color de la fibra de alpaca en la zona altoandina de Huancavelica-Perú. Animal Genetic Resources Information, 45, 79–84. https://doi.org/10.1017/s101423390999037x

Quispe, Y., Ayala, C., & Fernández, P. (2023). Caracterización de la producción de fibra de alpaca Huacaya (Vicugna pacos) en la comunidad originaria Chacaltaya. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 10(2), 105–113. https://doi.org/10.53287/uywt2797sd33z

Reiner, G., Weber, T., Nietfeld, F., Fischer, D., Wurmser, C., Fries, R., & Willems, H. (2020). A genome-wide scan study identifies a single nucleotide substitution in MC1R gene associated with white coat colour in fallow deer (Dama dama). BMC Genetics, 21(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/s12863-020-00950-3

Rodriguez, T., 1991. Situación y Perspectivas de la Producción y Conservación de los Camélidos Sudamericanos en Bolivia. Informe de la Mesa redonda sobre Camélidos Sudamericanos. Lima, Perú. Ofic. Reg. FAO, pp. 29–40.

AVANCES Y RETOS EN LA MEJORA GENÉTICA DE ALPACAS

Juan Pablo Gutiérrez
gutgar@ucm.es

Aunque el objetivo de selección de poblaciones de alpacas en Perú ha estado siempre nítidamente definido en relación a la finura de su fibra como medida de calidad, la mejora genética de la alpaca se ha venido llevando a cabo tradicionalmente utilizando criterios morfológicos para seleccionar los reproductores. Las primeras iniciativas de mejora genética basadas en valores objetivos de rendimientos son relativamente recientes y se deben a la participación de países importadores de esta especie como Australia (Ponzoni et al., 1999; McGregor and Butler, 2004) o Nueva Zelanda (Wuliji et al., 2000), por lo que la investigación relacionada con la mejora genética de la alpaca apenas había dados sus primeros pasos a principios de siglo. La casi exclusiva ubicación de esta especie en Perú, junto con la escasez de experiencias prácticas, conllevó la casi completa inexistencia de registros de producción, lo que se convierte en factor limitante en el desarrollo de la mejora genética de esta especie.

El nacimiento de Pacomarca como Estación Científica bajo el paraguas de Inca Tops, demandante de fibra de calidad con vistas a su comercio internacional, permitió la acumulación de información que resultaba útil para los programas de mejora genética. Fue de hecho en 2007 cuando se comienza la utilización de valores genéticos BLUP para el carácter Diámetro de Fibra escogiendo preferentemente como reproductores a los animales con los mejores valores genéticos (más bajos) para la selección de los reproductores en Pacomarca, siendo ésta la primera vez que se lleva a cabo una valoración genética por metodología BLUP para cualquier especie en el Perú. Dicha metodología ha continuado siendo la empleada en Pacomarca desde entonces hasta la actualidad.

Se presenta a continuación cómo se fueron dando los diferentes pasos necesarios en programas de mejora genética, los cuáles deben comenzar por una definición concreta de objetivos y criterios de selección. Prácticamente toda la información que se aporta en este documento puede encontrarse en detalle en Burgos et al. (2023), pero el trabajo continúa, aunque algún apartado se ha incluido tras investigaciones recientes que no llegaron a incluirse. Del mismo modo, no toda la información disponible en Burgos et al. (2023) ha sido incluida en este documento por la necesidad de ajustarse al espacio requerido.

Definición inicial del objetivo y criterio de selección

Aunque en 2007 ya se utilizaba metodología BLUP en Pacomarca, no se había justificado en detalle la elección de los caracteres a seleccionar. El primer trabajo de investigación (Gutiérrez et al., 2009) consistió en la definición del carácter o de los caracteres que se deseaban mejorar (objetivos de selección), y en la elección del carácter o caracteres que se utilizasen para lograr mejorar los objetivos (criterios de selección).

Aunque no existía discusión sobre el interés económico en reducir el diámetro de la fibra, cada animal rendía diversas cantidades de vellón por lo que una alternativa podía ser el aumento del valor textil del animal. El valor textil para cada animal se obtenía como una combinación del peso de fibra da cada categoría de calidad ponderado por el precio internacional de dicha categoría. También era de interés la variabilidad de la fibra medida en este caso a partir del estadístico CV, y se decidió ensayar la Longitud de la Mecha, el Intervalo entre Esquilas, y el Peso del Vellón como medidas del rendimiento. Se obtuvieron

heredabilidades elevadas para los caracteres relacionados con análisis de fibra (0.41 para Diámetro y 0.32 para CV), bajas entre 0.06 y 0.10 para los caracteres relacionados con rendimiento (0.10 Peso de vellón, 0.07 Longitud de Mecha y 0.06 Intervalo entre Esquilas), y 0.16, heredabilidad entre media y baja, para el Valor Textil, carácter considerado como el objetivo de selección. La correlación genética del Diámetro de Fibra con el Valor Textil era -0.75, bastante elevada y favorable, concluyendo que se obtendría un 18% más de respuesta a la selección para el objetivo Valor Textil si la selección se llevaba a cabo utilizando como criterio el valor genético BLUP para el carácter Diámetro de Fibra, que si se seleccionaba directamente por el propio Valor Textil. Se concluía que la selección que se estaba llevando a cabo basada en disminuir el Diámetro de Fibra era la adecuada.

La selección de animales para concurso

Las tendencias genéticas para caracteres de fibra fueron muy satisfactorias al inicio del programa de mejora, siéndolo también las características morfológicas relacionadas con la fibra como la Densidad o el Rizo, pero claramente desfavorable para Calce, carácter de vital importancia para lograr éxito en concursos ganaderos. El siguiente paso sería estudiar la posibilidad de seleccionar para este tipo de caracteres. La distribución de las calificaciones de los caracteres morfológicos en un rango de 1 a 5 mostraba satisfactoriamente que todas las variables tenían aproximadamente una distribución de forma de campana en ambos tipos Huacaya y Suri. Interesaba saber si dichos caracteres eran susceptibles de mejora y su relación genética con caracteres relacionados con calidad de fibra. Se observaba que todos los caracteres tenían posibilidades de mejora atendiendo a su valor de heredabilidad, más elevada los de calidad de fibra que los de tipo, siendo superiores los de fibra en Suri y los de Tipo en Huacaya.

Todos los caracteres relacionados con calidad de fibra se mostraban fuertemente correlacionados entre sí. Se observaba que el confort dependía principalmente de la finura y no de la variabilidad. La variabilidad de la fibra que no depende del diámetro la mediría el CV, siendo independientes éste y el Diámetro. En cuanto a los caracteres morfológicos, todos estarían relacionados en Suri, mientras que en Huacaya parecían distinguirse los relacionados con la calidad de la fibra, por un lado, como la Densidad y el Rizo, y los que estarían más relacionados con la valoración para concursos morfológicos como el Calce, la Cabeza y el Balance o aspecto general. En cuanto a la posibilidad de utilizar los caracteres morfológicos como indicadores de la calidad de fibra, las correlaciones entre caracteres de distinto grupo eran discretas, siendo el Rizo un indicador moderado de variabilidad de la fibra y finura en Huacaya, mientras que el carácter morfológico más relacionado sería la Densidad en Suri, siendo desfavorable el Calce.

Como consecuencia de este análisis, se concluyó que no era recomendable seleccionar caracteres de fibra a partir de la información morfológica como indicadora indirecta. La selección por caracteres de fibra resultaba exitosa pero no producía beneficios en caracteres morfológicos, pudiendo incluso empeorar (Cervantes et al., 2010). La selección combinada supondría una reducción en la mejora de ambos tipos de caracteres, cosa que sucedió al ser aplicada inicialmente tras el desarrollo de metodología de aplicación de índices de selección que permitiesen seleccionar para un objetivo mixto que combinara caracteres de calidad de fibra y caracteres morfológicos (Gutiérrez et al., 2014). El objetivo de rentabilidad económica impulsó a optar finalmente por los caracteres de fibra.

La búsqueda de animales con finura persistente con la edad

Aunque es bien sabido que el diámetro de la fibra aumenta con la edad, se observaba que algunos animales tendían a mantener la finura a lo largo de su vida, desconociéndose si esta característica se trasmitía de padres a hijos. Además, la distribución de las fibras en función de su diámetro resultaba asimétrica, siendo las fibras más alejadas de la media las más gruesas, sugiriendo que la disminución de la variabilidad conllevaría además una importante reducción del diámetro. Se ensayaron dos modelos con este objetivo:

- El primero asumía que la medida estándar de variabilidad, la varianza, podía ser heterogénea, es decir, la varianza del diámetro medio entre esquilas de un mismo animal podría ser diferente entre animales y depender parcialmente de la genética del animal. Para cada animal existiría un valor genético relacionado con la finura y otro relacionado con la variabilidad.
- El segundo asumiría también dos valores genéticos para cada animal, el que determinaría el diámetro de la fibra al nacimiento, y el que determinaría el engrosamiento de la fibra con la edad.

  En ambos modelos se podía analizar la correlación entre los dos componentes genéticos. Tras el análisis, ambos modelos mostraron que efectivamente se obtenían valores significativos de los dos componentes genéticos definidos en cada modelo, mostrando la posibilidad de seleccionar animales que resultaran más finos a lo largo de su vida (Gutiérrez et al, 2011, Varona et al., 2011). Sin embargo, las correlaciones encontradas entre los dos componentes genéticos de cada uno de los modelos resultaron extremas, por lo que sería difícil seleccionar para reducir la variabilidad sin modificar el propio diámetro de la fibra, pero afortunadamente, esta relación sería favorable. Este análisis permitió concluir la conveniencia de despreocuparse del terma que se analizaba, ya que la propia selección para reducir el diámetro de la fibra implicaría simultáneamente la reducción de su variabilidad entre esquilas.

La posibilidad de escoger el valor genético a edades concretas

La observación de la evolución del diámetro y de la variabilidad del mismo entre animales dependiendo de la edad, planteó la posibilidad de seleccionar los animales en función de su rendimiento para edades concretas en las que el carácter presentara mayor determinismo genético, arrastrando así el rendimiento que estos animales rendirían en otras edades a lo largo de su vida. Se consideró así un modelo de regresión aleatoria para valorar genéticamente animales para parámetros que definieran la curva de crecimiento del diámetro a lo largo de todas sus esquilas (Cruz et al., 2020). Se concluyó que efectivamente había edades más determinantes del valor genético del animal, pero los animales seleccionados serían exactamente los mismos que los que se venían seleccionado, incrementando notablemente sin embargo el coste de procesamiento y dificultando la interpretación de las valoraciones genéticas obtenidas, por lo que se descartó esta alternativa.

La búsqueda de genes de impacto sobre el diámetro de fibra

Aunque recientemente se han desarrollado técnicas laboratoriales que permiten afrontar este objetivo mejor, inicialmente se intentó detectar la existencia de dichos genes segregando en la población. Para ello se utilizaron modelos de segregación que extrajese la información de rendimientos de parientes cercanos bajo la hipótesis de que existiera algún gen de efecto importante (Pérez-Cabal et al., 2010). Se encontraron evidencias estadísticas de la existencia de genes importantes asociados con los rendimientos de los caracteres relacionados con calidad de fibra. Los efectos aditivos de un supuesto gen principal

fueron 4.18 µm y 4.23 µm para Diámetro de Fibra, 1.67 µm y 1.61 µm para Desviación Estándar del Diámetro de Fibra, 3.32% y 3.76% para CV, y 15.03% y 14.90% para Factor de Confort en los tipos Huacaya y Suri respectivamente. Para entender la trascendencia del resultado, el Diámetro de Fibra de un animal Suri homozigoto que portara dos copias del gen presentaría 8.46 (2 x 4.23) µm menos que otro animal Suri homozigoto que portase las dos copias de la versión alternativa.

Posteriormente se analizó la asociación de marcadores de ADN de tipo microsatélite con rendimientos en calidad de fibra (Paredes et al., 2014). Aprovechando que el análisis de segregación proporciona para cada animal la probabilidad de presentar un genotipo u otro, se llevó a cabo una estrategia de genotipado selectivo, es decir, genotipando animales con elevada probabilidad de ser portadores de los genotipos favorables y desfavorables. No se encontraron muchos de los animales portadores del genotipo desfavorable, probablemente por haber sido descartados a través del proceso selectivo de rutina. Se estudiaron 69 marcadores de tipo microsatélite, encontrándose uno de ellos en asociación de elevada significación estadística. El microsatélite LCA68 podía presentar hasta 7 variantes alélicas diferentes, una de las cuáles implicaba 11.4µm más en homozigosis que un animal que tuviera dos variantes diferentes, explicando completamente los resultados del análisis de segregación previo.

Recientemente se ha desarrollado un microarray de 76k SNPs (Calderón et al., 2021) y se ha realizado con él un análisis de asociación genómica con animales de diferentes fundos, encontrando cuatro regiones candidatas de asociación con caracteres de calidad de fibra (Moré et al., 2021), lo que constituye un avance importante por ser el primer estudio de este tipo realizado en alpacas, aunque las señales aún no resultan contundentes. El mismo microarray ha sido ensayado para estudiar el funcionamiento de la selección genómica (Mancisidor et al., 2021) comprobándose un incremento en la precisión de las valoraciones de entre un 1% y un 6% en la precisión de caracteres como Porcentaje de Medulación, Diámetro de Fibra o Desviación Estándar, a pesar de contar únicamente con 431 animales genotipados, un número reducidísimo de animales para esta tarea, y se han simulado escenarios de selección para Diámetro de Fibra y Porcentaje de Medulación concluyendo que la selección genómica supondría un enorme impacto en la respuesta a la selección en el futuro (Cruz et al., 2023). Ésta es sin duda una de las líneas de investigación presentes y futuras, únicamente retrasada por las dificultades encontradas para contar con bases de datos con fiabilidad suficiente y un razonable número de registros.

Posibles cambios en caracteres reproductivos por selección

Conseguidos importantes avances en la mejora de los caracteres relacionados con el objetivo económico relacionado con la fibra, era de interés estudiar cómo la selección podría afectar a caracteres reproductivos, o incluso plantear la posibilidad de incluir alguno de ellos entre los criterios de selección. Además, una baja eficiencia reproductiva repercute en el éxito del programa de mejora, ya que sólo podrán seleccionarse como reproductores los animales nacidos, reduciendo la intensidad de selección por haber pocos animales para elegir.

El manejo de la reproducción de alpacas está organizado en campañas de empadre, de manera que hay hembras con intervalos entre partos superiores a uno, dos, tres, cuatro, cinco e incluso seis años, situación que conlleva una importante disminución del beneficio, al ser necesario mantener animales que no presentan rendimiento reproductivo, si bien es cierto que al menos siguen proporcionando un vellón cada año. Por otro lado, salvo excepciones, es preciso esperar a que una hembra cumpla los dos años para poder ser ofrecida a un macho, y si no queda gestante en la campaña en la que cumple los dos años, habrá que esperar hasta una nueva campaña para poder ser ofrecida de nuevo. También, como en el caso del

intervalo entre partos, se dan hembras que presentan su primer parto incluso después de cumplir los seis años de edad, con la consiguiente merma en el beneficio reproductivo.

Se analizaron entonces los caracteres Intervalo Entre Partos y Edad al Primer Parto estimando su heredabilidad. La posibilidad de seleccionar por estos caracteres representaría un costo de oportunidad de seleccionar para otros caracteres de mayor importancia económica, aunque era conveniente conocer qué repercusiones podría tener la selección por caracteres reproductivos en posibles respuestas correlacionadas de los caracteres de calidad de la fibra o de tipo, qué consecuencias podrían derivarse de la selección para estos últimos caracteres en los índices reproductivos. Esta información se obtendría de las correlaciones genéticas entre los caracteres. El análisis se realizó además para otros caracteres reproductivos que podrían ser de interés, como la Edad al Primer Servicio, el Tiempo de Cópula, el Diagnóstico de Gestación y la Duración de la Gestación (Cruz et al., 2015).

La heredabilidad de la Edad al Primer Parto resultó muy elevada tanto en Huacaya como en Suri, mientras que para el Intervalo Entre Partos resultó entre media y baja, pero aún susceptible de mejora, particularmente en Huacaya, sin que existieran relaciones importantes con caracteres de calidad de fibra o de tipo. Se mostró la posibilidad de seleccionar para mejorar los índices reproductivos, pero se decidió posponer esta selección que repercutiría en una reducción de la respuesta para caracteres relacionados con calidad de fibra.

La tendencia a partos en fechas intermedias de la campaña

La marcada estacionalidad del período reproductivo conlleva que las hembras que no quedan gestantes permanecerán vacías todo un año, con la consiguiente pérdida económica. Aunque puede manejarse forzando apareamientos tempranos, los partos demasiado adelantados se darán cuando los recursos alimenticios sean escasos. Se prefiere entonces los partos en mitad de la temporada reproductiva. Además, las crías nacidas al final de la campaña tendrán más riesgo de enterotoxemia por ser muy elevada la humedad. Se estudió si existía una tendencia genética a presentar partos tempranos, intermedios o tardíos mediante un modelo complejo (Cruz et al., 2020), estimándose la fecha central entre campañas en el 8 de agosto. La selección para adelantar o retrasar partos sería posible pero poco eficiente a la luz de la heredabilidad del carácter (0.08), pero la selección por consistencia en la fecha de parto a lo largo de los años parecía más asequible. En cualquier caso, aunque era posible manejar la fecha de parto por selección, el interés se centraba en reducir el diámetro de fibra y la medulación.

Relación entre la calidad de la fibra y el tamaño de la alpaca

Cuando la calidad de la fibra de una alpaca es baja, una alternativa es seleccionar alpacas para su aprovechamiento para consumo. Asimismo, es de interés qué relación genética podría existir entre caracteres de crecimiento y de calidad de fibra. Los caracteres medidos en animales jóvenes (Peso al Nacimiento, Peso al Destete, ,,,) son caracteres influenciados por el ambiente materno, parte del cual puede trasmitirse a la descendencia. Por ello, los caracteres de crecimiento pueden seleccionarse genéticamente por la capacidad del animal para crecer o por su capacidad para que logren que sus hijos presenten un buen crecimiento. Ambos valores genéticos pueden estar relacionados.

En este análisis, además de estimar las heredabilidades directas y maternas para caracteres como Peso al Nacimiento, Altura al Nacimiento, Peso al Destete, Altura al Destete, Ganancia Diaria Predestete y Supervivencia al Destete, se aprovechó para estimar las correlaciones con caracteres reproductivos (Edad

al Primer Parto e Intervalo Entre Partos), caracteres de calidad de fibra (Diámetro de Fibra, Desviación Estándar, Factor de Confort, Coeficiente de Variación) y caracteres morfológicos (Densidad, Rizo en Huacaya/Rulo en Suri, Cabeza, Calce y Balance),Los parámetros fueron analizados independientemente para los tipos Huacaya y Suri (Cruz et al., 2017).

La heredabilidad del Peso al Destete fue muy elevada en Huacaya, siendo también muy elevada la heredabilidad materna en Suri, mostrando que la selección para este carácter resultaría exitosa. Las correlaciones genéticas entre efectos genéticos directos y maternos tendieron a proporcionar valores negativos como en otras especies, aunque su magnitud no resultó preocupante.

Las correlaciones obtenidas entre caracteres de calidad de la fibra y caracteres de crecimiento fueron altamente desfavorables. Los animales más finos son los menos pesados, en contraste con la normativa en el Perú para el registro de animales, que limita por peso y altura, de manera que los mejores animales de Pacomarca por calidad de fibra no serían considerados en el registro nacional. Por otro lado, un productor que decidiese seleccionar genéticamente para destinar sus animales a la producción de carne, estaría renunciando a los ingresos procedentes de un mercado textil que incentivara la calidad. Entre el resto de las correlaciones genéticas con caracteres morfológicos o reproductivos no se mostraron valores desfavorables, por lo que podría seleccionarse sin esperar consecuencias negativas en ningún otro carácter.

El cambio de criterio de selección hacia fibra sin medulación

En el año 2015 se lleva a cabo un importante cambio en el programa de mejora de Pacomarca, un cambio que afectó al objetivo y al criterio de selección. Si hasta esa fecha el objetivo se movía entre la finura de la fibra y su variabilidad, y la morfología del animal, la empresa advierte que aún logrando un diámetro de fibra más que aceptable, el precio internacional de la fibra de alpaca continúa siendo considerablemente inferior al que se paga por otras fibras nobles de origen animal de diámetro similar, argumentándose que la fibra de alpaca conserva una sensación de picor que no se detecta en otras fibras y que podría deberse al menos parcialmente a la medulación.

Se tomó una muestra de los machos Huacaya blancos de la Estación Científica y se analizó la presencia de medulación con ayuda de un microscopio de proyección, encontrando enormes diferencias entre ellos a pesar de ser todos ellos animales extraordinariamente selectos en lo que se refiere a diámetro medio. Se observaba una relación incompleta entre el grosor y la medulación, por lo que la selección por reducción del diámetro de fibra conllevaba la reducción de la medulación, pero de forma ineficiente. Tras adquirir un dispositivo OFDA100 que permitía medir la medulación y disponer de un par de años de registros, se estimó la heredabilidad del carácter y las correlaciones genéticas que presentaba con otros caracteres (Cruz et al., 2019). El carácter presentaba una heredabilidad similar a otros caracteres de calidad de fibra y las correlaciones genéticas con ellos eran moderadas y favorables. En cambio, eran desfavorables con el peso del vellón y el peso al destete, pero mucho menos que el propio Diámetro de Fibra. También habría un efecto ligeramente desfavorable sobre el calce. Desde entonces el criterio principal de selección en Pacomarca ha sido el porcentaje de medulación. Simultáneamente se ha desarrollado FIBER MED, un dispositivo de medida de este carácter que resulta más fiable y económico. En todo caso, la heredabilidad del carácter Porcentaje de Medulación es inferior al Diámetro de Fibra, por lo que la respuesta por selección está siendo algo inferior. Para asegurar además que no se dieran pérdidas en Diámetro de Fibra, se decidió que el criterio de selección fuese una ponderación equilibrada de los valores genéticos de ambos caracteres, lo que inevitablemente ralentiza el progreso genético de ambos caracteres.

Se ha estudiado también la posibilidad de aprovechar la posibilidad de utilizar las distintas categorías de medulación, desde fibras fragmentadas, discontinuas, continuas o fuertemente meduladas (Pinares et al., 2019). Aunque lo establecido es la utilización de la media del Diámetro de Fibra de una muestra de más de 400 fibras individuales, se probó a analizar el carácter midiendo y categorizando cada una de las fibras, encontrando que la categoría más independiente es la que corresponde a la máxima medulación y que el análisis mejora si se analizaba conjuntamente con el diámetro (Pinares et al., 2018). Posteriormente, se realizó un análisis de parámetros genéticos de cada categoría aplicando metodología del análisis composicional para evitar la aparición de correlaciones negativas que se dan por el hecho de que el incremento de la fibra medulada implica necesariamente la disminución de la no medulada, llegando a la misma conclusión con respecto a que la fibra fuertemente medulada sería la categoría más independiente (Cruz et al., 2024).

Cómo afecta el estado de lactación y/o gestación a la finura.

Durante muchos años el modelo de valoración genética ha incluido el efecto sexo en el modelo, al haber apreciado inicialmente que las hembras eran estadísticamente algo más finas que los machos, pero posteriormente se observó que ello era debido a la utilización de recursos de la hembra a cumplir con su estado fisiológico de lactación y/o gestación, un gasto energético, que en el caso de escasos recursos alimenticios, que nunca se da en Pacomarca pero sí en otros fundos, contribuiría a la conocida como "finura de hambre". Se estudiaron estos efectos encontrando que la gestación tenía un ligero efecto sobre el Diámetro de la Fibra, pero, sobre todo, que el estado de lactación suponía una reducción de una micra (Cruz et al., 2017). Este hecho ha sido tenido en cuenta para modificar el modelo de valoración genética, considerando tres grupos del efecto del sexo: machos, hembras lactantes y hembras no lactantes.

Selección de animales con vellones más homogéneos

Dado que el diámetro de la fibra generalmente se registra únicamente en el costillar medio, podrían existir diferencias fenotípicas y genéticas para la uniformidad del vellón en las poblaciones de alpaca. Animales con muestra ligeramente más gruesa a este nivel podrían ser preferibles por presentar menor grosor a lo largo del vellón conduciendo finalmente a un mayor valor textil. Se utilizaron registros repetidos del mismo animal en tres localizaciones distintas para investigar si la uniformidad del vellón sería una característica heredable que valiera la pena seleccionar (Gutiérrez et al., 2023). Se demostró que la variabilidad genética de la uniformidad era considerable, pero su elevada correlación genética con la finura sugería que la uniformidad se seleccionaría indirectamente al buscar animales más finos, por lo que no sería aconsejable perder parte de la respuesta a la selección para finura en busca de una mayor uniformidad que inevitablemente se iba a seleccionar favorablemente de forma correlacionada.

La búsqueda de colores naturales homogéneos

Aunque tradicionalmente la industria textil ha demandado fibra de color blanco por la posibilidad de teñirla para tener cualquier color, la industria no está libre de la tendencia generada por la demanda social. Vivimos una etapa en la que la conservación de lo natural presenta demanda creciente, y la tinción implica una indeseada degradación del ambiente. Así, aunque la población de alpacas es mayoritariamente blanca por la tradicional demanda de la industria, actualmente es deseable incrementar el censo de animales de

color, lo que supone un nuevo reto, ya que la población blanca ha sido sometida a selección por finura por décadas, mientras que el resto de las capas apenas han sido atendidas desde este punto de vista.

La problemática que se plantea ahora es la definición de colores homogéneos intermedios, ya que únicamente los extremos, el blanco y el negro, están claramente definidos. Aunque existen genes identificados que definen los principales colores de capa (Pinares et al., 2021), utilizando la definición oficial del espacio del color y con la ayuda de un colorímetro apropiado se comprueba que el espectro de colores es más bien continuo (Cruz et al., 2021).

La evolución lograda por selección en Pacomarca

Pacomarca no es sólo un experimento de selección. Pretende ser también una ganadería núcleo que proporcione animales genéticamente mejorados a productores peruanos colaborando a la mejora de su bienestar y a los beneficios de la industria, un modelo de manejo eficiente de ganaderías de alpaca incluyendo el manejo adecuado de la información (Cruz et al., 2021), y un lugar de experimentación de otras técnicas de producción animal, como reproducción nutrición o sanidad (Morante et al., 2011).

La mejora genética lograda es monitorizada anualmente promediando los valores genéticos por año de nacimiento para diversos caracteres, y tomando decisiones sobre objetivos y criterios de selección a la luz del progreso del programa de mejora, lo que ha supuesto distintas etapas:

- (1999-2003) Engrosamiento de la fibra por incremento en la representación de los machos fundadores escogidos por su morfología.
- (2003-2007) Selección poco eficiente a favor de finura.
- (2007-2011) Selección eficiente por finura vía BLUP con respuesta correlacionada desfavorable de calce.
- (2011-2016) Mejora del calce con ligera pérdida de la finura lograda anteriormente.
- (2016-2019) Selección por medulación.
- (2019-2024) Selección por índice combinado de Diámetro de Fibra y Porcentaje de Medulación.

Tanto Pacomarca como la industria textil han mostrado satisfacción por la mejora de la calidad de la fibra, aunque algunas respuestas correlacionadas no han sido tan satisfactorias. Por ejemplo, se ha perdido calce de los animales y se ha incrementado el CV como consecuencia de una mayor respuesta en la reducción del diámetro que en la reducción de la desviación estándar.

Temas abiertos de investigación en mejora genética de alpacas

Actualmente se pueden identificar cuestiones que precisan ser estudiadas para acelerar la mejora genética de alpacas, muchas de las cuáles no dependen de la propia mejora genética:

Inseminación Artificial. Es probablemente el aspecto que requiere más urgentemente ser mejorado. Hoy podemos identificar los animales genéticamente mejores, pero su utilización como reproductores se encuentra limitada prácticamente al fundo en el que se encuentran.

Censo de la población en mejora. Hoy el número de animales que se incluyen en programas de mejora es de unos pocos miles, mientras que la población de alpacas es de varios millones. Los primeros podrían ser considerados núcleo de selección, pero el número resulta extremadamente bajo para la población a la que debe alcanzar.

Implicación de la administración. Relacionado con el punto anterior, un incentivo adecuado conllevaría la puesta en control de rendimientos de un mayor número de animales, lo que permitiría una mayor intensidad de selección. Una subvención de la administración dependiente del número de animales con registro genealógico y de rendimientos fiables conllevaría un importante impulso.

Selección Genómica. Recientemente se ha desarrollado un microarray o chip genómico que se encuentra ya en uso. La utilización del chip para la selección genómica está limitada principalmente por la escasez de animales con fiable control de rendimientos donde pueda ser aplicado, aunque también se ve afectada por el coste del genotipado de cada animal, por lo que debe estudiarse previamente la conveniencia o no de llevarlo a cabo a la vista de la información de rendimientos.

Diagnóstico Genético de Malformaciones. Aunque la selección genómica sería aún poco eficaz por el escaso número de animales en control de rendimientos, hoy sería posible localizar genes responsables de malformaciones, enfermedades o defectos hereditarios que tuvieran herencia sencilla, aprovechando la disponibilidad del chip genómico, si se genotipan animales afectados junto con otro grupo de animales no afectados y con cierta cercanía en parentesco.

Clarificación del modo de herencia del color de capa. Aunque ya se sabe mucho de la localización de genes relacionados con el color de capa, aún existen matices que conviene aclarar. Nuevamente, la disponibilidad de animales genotipados de las capas de interés, junto a animales no lejanos en parentesco de capas distintas, permitiría profundizar en el modo de herencia del color de capa, aunque el espectro continuo de colores de capa estudiado con ayuda del colorímetro sugiere que los matices de la herencia del color de capa no presentan herencia sencilla.

Mejora del bienestar. La preocupación por el cuidado de los animales es de interés creciente. Recientemente asociaciones en defensa de los animales han denunciado inadecuadas prácticas de manejo principalmente durante el inevitable acto de la esquila. Pacomarca, alineados en la misma preocupación por el bienestar animal, social y ambiental, cuenta con la certificación RAS (Responsible Alpaca Standar), y ha desarrollado un procedimiento de esquila que minimiza la alteración del bienestar. Se han iniciado investigaciones al respecto con ayuda de cámaras de infrarrojos que permiten estudiar la alteración del bienestar indirectamente a través de la elevación de la temperatura, pero aún queda mucho camino por recorrer.

Conclusiones

El trabajo serio, metódico y profundo que se ha llevado a cabo en la Estación Científica Pacomarca ha permitido incrementar enormemente el conocimiento sobre las posibilidades que existen para llevar a cabo programas de mejora genética en alpacas. El trabajo continúa en Pacomarca, pero la eficiencia de un programa de mejora está limitada por el censo de la población en control de rendimientos, por lo que se precisa una implicación mayor de productores del Perú apoyados por la administración a través de iniciativas que los apoyen económicamente para el registro de la información necesaria.

Referencias

Burgos, A., Gutiérrez, J.P., Cruz, A., Gutiérrez, G. (2023). PACOMARCA, Alpacas: genética en blanco y negro. Lima, Perú: Inca Tops S.A.

Calderon, M., More, M.J., Gutierrez, G.A., Ponce de León, F.A. (2021). Development of a 76k Alpaca (Vicugna pacos) Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) Microarray. Genes, 12: 291.

Cervantes, I., Pérez-Cabal, M.A., Morante, R., Burgos, A., Salgado, C., Nieto, B., Goyache, F., Gutiérrez, J.P. (2010). Genetic parameters and relationships between fibre and type traits in two breeds of Peruvian alpacas. Small Ruminant Research, 88:6-11.

Cruz, A., Cervantes, I., Burgos, A., Morante, R., Gutiérrez, J.P. (2015). Estimation of genetic parameters for reproductive traits in alpacas. Animal Reproduction Science, 163: 48-55.

Cruz, A., Cervantes, I., Burgos, A., Morante, R., Gutiérrez, J.P. (2017). Genetic parameters estimation for preweaning traits and their relationship with reproductive, productive and morphological traits in alpaca. Animal, 11: 746-754.

Cruz, A., Gutiérrez, G.A., Burgos, A., Morante, R., Wurzinger, M., Gutiérrez, J.P. (2021). Management Software For Pedigree And Production Of New World Camelids: Pacokipu and Llamakipu. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32(4): e19355.

Cruz, A., Gutiérrez, J.P., Torres, R., Formoso-Rafferty, N., Morante, R., Burgos, A., Cervantes, I. (2020). Calving date and its variability as a potential trait in the breeding objective to account for reproductive seasonality in alpacas. Reproduction in Domestic Animals, 55: 814-821.

Cruz, A., Menéndez-Buxadera, A., Gutiérrez, G., Morante, R., Burgos, A., Gutiérrez, J.P. (2020). Genetic (co) variance across age of fiber diameter and standard deviation in Huacaya alpacas, estimated by repeatability, multi-trait and random regression models. Livestock Science, 23, UNSO 103863.

Cruz, A. , Morante, R., Cervantes, I., Burgos, A., Gutiérrez, J.P. (2017). Effect of the gestation and lactation on fiber diameter and its variability in Peruvian alpacas. Livestock Science, 198: 31-36.

Cruz, A., Morante, R., Gutiérrez, J.P., Torres, R., Burgos, A., Cervantes, I. (2019). Genetic parameters for medullated fiber and its relationship with other productive traits in alpacas. Animal, 13: 1358-1364.

Cruz, A., Murillo, Y, Burgos, A., Yucra, A., Morante, R., Quispe, M., Quispe, C. Quispe, E., Gutiérrez, J.P. (2024). Genetic parameters for different types of medullated fiber in alpacas. Journal of Animal Breeding and Genetics, in press.

Cruz, A., Sedano, J., Burgos, A., Gutiérrez, J.P., Wurzinger, M., Gutiérrez-Reynoso, G. (2023). Genomic selection improves genetic gain for fiber traits in a breeding program for alpacas. Livestock Science, 270: 105195.

Cruz, A., Yucra, A., Gutiérrez, G.A., Burgos, A., Morante, R., Gutiérrez, J.P., Cervantes, I., Wurzinger, M. (2021). Colorimetry analysis of coat color and its relationship with fiber traits in alpacas. Animal, 15(5): 100219.

Gutiérrez, J.P., Cervantes, I., Pérez-Cabal, M.A., Burgos, A., Morante, R. (2014). Weighting fibre and morphological traits in a genetic index for an alpaca breeding program. Animal, 8(3): 360-369.

Gutiérrez, J.P., Cruz, A., Morante, B., Burgos, A., Formoso-Rafferty, N., Cervantes, I. (2023). Genetic parameters for fleece uniformity in alpacas. Journal of Animal Science, 101: 1-8.

Gutiérrez, J.P., Goyache, F., Burgos, A., Cervantes, I. (2009). Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. Livestock Science, 123: 193-197.

Gutiérrez, J.P., Varona, L., Pun, A., Morante, R., Burgos, A., Cervantes, I., Pérez-Cabal, M.A. (2011). Genetic parameters for growth of fiber diameter in alpacas. Journal of Animal Science, 89: 2310–2315.

Mancisidor, B., Cruz, A., Gutiérrez, G.A., Burgos, A., Morón, J., Wurzinger, M., Gutiérrez, J.P. (2021). ss-GBLUP method improves the accuracy of breeding value prediction in Huacaya alpaca. Animals, 11: 3052.

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. Aust. J. Agric. Resour. 55, 433–442.

Morante, R., Burgos, A., Gutiérrez, J.P. (2011). Producing alpaca fibre for the textile industry. Fibre Production in South American Camelids and Other Fibre Animals. 107-110.

More, M, Veli, E, Cruz, A., Gutiérrez, J.P., Gutiérrez, G., Ponce De León, A. (2023). Genome Wide Association Study for Fiber Diameter in Alpacas. Animals, 13: 3316.

Paredes, M.M., Membrillo, A., Gutiérrez, J.P., Cervantes, I., Azor, P.J., Morante, R., Alonso, A., Molina, A., Muñoz-Serrano, A. (2014). Association of microsatellite markers with fiber diameter trait in Peruvian alpacas (Vicugna pacos). Livestock Science, 161: 6-16.

Pérez-Cabal, M.A., Cervantes, I., Morante, R., Burgos, A., Goyache, F., Gutiérrez, J.P. (2010). Analysis of the existence of major genes affecting alpaca fiber traits. Journal of Animal Science, 88: 3783-3788.

Pinares, R., Cruz, A., Daverio, M.A., Gutiérrez, J.P., Ponce De León, F.A., Wurzinger, M., Di Rocco, F., Gutiérrez, G.A. (2021). Single nucleotide polymorphisms (SNPs) of the MC1R gene in black and brown alpacas. Revista peruana de biología, 28: e19742.

Pinares, R., Gutiérrez, G.A., Cruz, A., Burgos, A., Gutiérrez, J.P. (2019). Phenotypic variability of percentage of medullated fibers in Huacaya alpaca fleece. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30: 699-708.

Pinares, R., Gutiérrez, G.A., Cruz, A., Morante, R., Cervantes, I., Burgos, A., Gutiérrez, J.P. (2018). Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. Small Ruminant Research, 165: 93-100.

Ponzoni, R.W., Grimson, R.J., Hill, J.A., Hubbard, D.J., McGregor, B.A., Howse, A., Carmichael, I., Judson, G.J. (1999). The inheritance of and associations among some production traits in young Austalian Alpacas. Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Genet. 13, 468–471.

Varona, L., Cervantes, I., Pérez-Cabal, M.A., Morante, R., Burgos, A., Gutiérrez, J.P. (2011). Genetic parameters for growth of fiber diameter in alpacas. Fibre Production in South American Camelids and Other Fibre Animals. 107-110.

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 Rum. Res. 37, 189–201.

Agradecimientos

En este trabajo han participado un elevado número de personas que se citan en las correspondientes referencias de la bibliografía que se cita. Entre ellos es preciso destacar en este orden, al motor de todo el trabajo, Alonso Burgos y al responsable actual de la Estación Científica, Alan Cruz.

HERRAMIENTAS GENÓMICAS PARA EL MANEJO GENÉTICO DE ALPACAS Y LLAMAS

GENOMIC TOOLS FOR THE GENETIC MANAGEMENT OF ALPACAS AND LAMAS

Gustavo A. Gutiérrez-Reynoso

Instituto de Investigación en Bioquímica y Biología Molecular, PIPS Mejoramiento Animal de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina
gustavogr@lamolina.edu.pe

El genoma de la alpaca y la llama se encuentra organizado en 37 pares de cromosomas, de los cuales 36 son autosomales y un par sexual. Se ha elaborado un mapa citogenético de la alpaca, en el cual se ha identificado y localizado 281 genes y marcadores moleculares. Se ha logrado localizar al menos 3 marcadores moleculares en cada cromosoma de la alpaca (Mendoza et al., 2020). Además, se dispone de un genoma de referencia de la alpaca a nivel de cromosomas (Richardson et al., 2019) y el de la llama a nivel de scafolds (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCA_013239585.1/). También se ha predicho la localización de genes de la keratina (KRT), principal proteína componente de la fibra de alpaca, y genes de proteínas asociadas a la keratina (KRTAPs) (Richardson et al., 2019, Fernández et al., 2019, y Figueroa et al., 2024). También se ha realizado el ensamblaje del cromosoma Y de la alpaca, reportándose un tamaño de 8.8 Mb (Jevit et al., 2021). Se ha logrado descubrir alrededor de 4'200,000 marcadores moleculares de tipo de polimorfismo de nucleótido simple (PNS) en alpacas (Calderón et al., 2021), lo cual ha permitido construir una micromatriz comercial de 76K de PNSs. La información de los PNSs se está utilizando en estudios de estructura genética de la población, en estimación del parentesco y consanguinidad genómica (Gutiérrez et al., 2023), así como en el estudio de las variantes causales del vellón Suri (Tan et al., 2024) y del diámetro de fibra (More et al., 2023), y en la implementación de la selección genómica en alpacas (Mancisidor et al., 2021). Dado la cercanía filogenética entre los Camélidos Sudamericanos, la micromatriz de PNSs de alpacas puede ser útil en el estudio genético de las poblaciones de llamas y las poblaciones silvestres de vicuñas y guanacos (Ponce de Leon y Gutierrez, 2020).

Referencias

Calderon, M.; More, M. J.; Gutiérrez, G. A.; Ponce de León, F.A. 2021. Development of a 76k Alpaca (Vicugna pacos) Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) Microarray. Genes, 12(2):291. doi: 10.3390/genes12020291.

Fernández Suárez A.G., G.A. Gutiérrez Reynoso, F.A. Ponce de León Bravo. 2019. Identificación bioinformática de polimorfismos de nucleótido simple (PNSs) en genes candidatos para las características de la fibra en alpacas (Vicugna pacos). Revista peruana de biología 26(1): 087 - 094 (Febrero 2019). doi: http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i1.15911.

Figueroa, D., More M., Gutiérrez G., and F. A. Ponce de León. 2024. "Identificación bioinformática de Polimorfismos de Nucleótido Simple (PNSs) en genes de proteínas asociadas a queratinas en alpacas (Vicugna Pacos)". Revista Peruana De Biología 31 (1): e24889. https://doi.org/10.15381/rpb.v31i1.24889.

Gutierrez G., More M., C. Youngs. 2023. Evaluation of an Alpaca Genomic SNP Chip for Potential Use in North American Alpacas. PLANT & ANIMAL GENOME CONFERENCE XXX. San Diego, California.

Jevit, M.J.; Davis, B.W.; Castaneda, C.; Hillhouse, A.; Juras, R.; Trifonov, V.A.; Tibary, A.; Pereira, J.C.; Ferguson-Smith, M.A.; Raudsepp, T. An 8.22 Mb Assembly and Annotation of the Alpaca (Vicugna pacos) Y Chromosome. Genes 2021, 12, 105. https://doi.org/10.3390/genes12010105.

Mancisidor B, Cruz A, Gutiérrez G, Burgos A, Morón JA, Wurzinger M, Gutiérrez JP. 2021. ssGBLUP Method Improves the Accuracy of Breeding Value Prediction in Huacaya Alpaca. Animals. 2021; 11(11):3052. https://doi.org/10.3390/ani11113052.

Mendoza M., Raudsepp T., More M., Gutierrez G.A., F. Abel Ponce de Leon. 2020. Cytogenetic Mapping of 35 New Markers in the Alpaca (Vicugna pacos). Genes 2020, 11, 522; doi:10.3390/genes11050522.

More M, Veli E, Cruz A, Gutiérrez JP, Gutiérrez G, Ponce de León FA. Genome-Wide Association Study of Fiber Diameter in Alpacas. Animals. 2023; 13(21):3316. https://doi.org/10.3390/ani13213316.

Ponce de León F.A., G.A. Gutierrez. 2020. Genomics and animal production. I Congreso Internacional de Biotecnología e innovación (ICBi), Revista Peruana de Biología, número especial 27(1): 015 - 020 (Marzo 2020). doi: http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i1.17574.

Richardson, M.F.; Munyard, K.; Croft, L.J.; Allnutt, T.R.; Jackling, F.; Alshanbari, F.; Jevit, M.; Wright, G.A.; Cransberg, R.; Tibary, A.; et al. Chromosome-Level Alpaca Reference Genome VicPac3.1 Improves Genomic Insight Into the Biology of New World Camelids. Front Genet. 2019, 10, 586.

Tan K, Adeniyi OO, Letko A, RuddGarces G, Manz E, Wagner H, Zanolari P, Drögemüller C, Lühken G. Identification of genomic regions associated with differences in fleece type in Huacaya and Suri alpacas (Vicugna pacos). Anim Genet. 2024 Feb;55(1):163-167. doi: 10.1111/age.13377. Epub 2023 Nov 20. PMID: 37985006.

VARIABILIDAD GENÉTICA Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LA VICUÑA Y EL GUANACO EN EL PERÚ

Jane C. Wheeler[1]
[1] CONOPA Instituto de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos

Según el análisis de alta resolución de los genomas completos de los cuatro camélidos sudamericanos (Fan et al. 2020), las subespecies peruanas de vicuña (Vicugna vicugna mensalis) y guanaco (Lama guanicoe cacsilensis) son los ancestros de la alpaca (Vicugna pacos) y la llama (Lama glama) domesticas. Esta situación en lo cual las especies ancestrales de las formas domesticas actuales están vivas, es único, y subraya la importancia de estudiar y conservar los cuatro camélidos sudamericanos.

Los camélidos se originaron en América del Norte durante el Eoceno Medio hace 40 a 50 millones de años y evolucionaron allá durante aproximadamente 36 millones de años. Durante el Mioceno Tardío, hace 6.5 a 7.5 millones de años, Paracamelus migró hacia Asia, Europa y África, y allá eventualmente aparecieron los camellos bactrianos y dromedarios domésticos que conocemos hoy. Más tarde, durante el Plioceno Tardío, hace 3.3 millones de años, Hemiauchenia, migró a América del Sur donde vino ser el ancestro de los cuatro camélidos sudamericanos que sobreviven hoy. Una segunda migración al continente del sur, esta vez de Palaeolama, ocurrió hace 1.8 millones de años, pero éste se quedó extinto antes del fin del Holoceno.

Análisis cladístico de fósiles pertenecientes a la tribu Lamini demuestra que Hemiauchenia dio origen a los géneros Lama y Vicugna durante el Pleistoceno Temprano y Medio respectivamente en la zona pampaena del actual Argentina (Scherer, 2013). Sin embargo, el análisis del ADN de camélidos vivos y de fósiles ha proporcionado importante información nueva sobre la evolución. Al analizar el ADN de fósiles de guanaco del Pleistoceno de la Patagonia y de guanacos actuales, Metcalf et al., 2016, encontraron que los fósiles pertenecían a una especie extinta distinta al actual. En 2021, Diaz-Maroto et al. documentaron la existencia de dos especies distintas de guanaco en el desierto de Atacama al norte de Chile hace 3,360 a 2,370 años. En mayo de 2024, León et al. publicaron los resultados del análisis de los genomas completos de 38 guanacos procedentes de todo el rango de su distribución actual, encontrando que las subespecies L.g. guanicoe y L.g. cacsilensis se separaron hace ~800,000 antes del presente (AP) y que ambas pasaron una fuerte expansión demográfica hace ~200,000 AP. La población de L.g. cacsilensis llego a su máximo hace ~70,000 AP y luego declinó paulatinamente, mientras que la población de L.g. guanicoe sufrió un largo declive poblacional con varios episodios fuertes (cuellos de botella genética) entre ~100,000 y ~22,000 AP durante el Último Máximo Glacial del Pleistoceno. A raíz de estos eventos, y a pesar de su muy reducido tamaño poblacional (~3-5,000), y su muy fragmentado distribución, la población actual de L.g. cacsilensis tiene altos niveles de heterocigocidad con poca evidencia de consanguinidad, o sea tiene variabilidad genética normal (Casey et al., 2018).

La historia de la vicuña peruana V.v. mensalis es muy distinta a la del guanaco peruano. Ambas subespecies subieron a las alturas de los Andes en respuesta a los cambios climáticos producidos por la desglaciación desde el final del Pleistoceno, pero en contraste con el guanaco, la vicuña sufrió fragmentación de su población y paso por varios cuellos de botella genética. El análisis de ADN antiguo de vicuñas de los mismos sitios del desierto de Atacama que documentaron la presencia de dos especies de guanaco, registra

que la vicuña actual (V.v. mensalis) ha perdido gran parte de la variabilidad genética que tenía hace 3,360-2,370 años. En 2018, Casey et al. reportaron un cuello de botella hace ~3,300 años, que coincide con un periodo de crecimiento exponencial de la población humana (Goldberg et al. 2016), con el aumento de control del manejo y culminando con la domesticación de la vicuña (leNüen et al. 2023). En 2020, Fan et al. reportaron evidencia de otro cuello de botella fechado en ~500 AP, justo coincidiendo con la conquista. Existe documentación histórica de la declinación radical de los camélidos sudamericanos en menos de cien años de la conquista, y en los años 60 solamente quedaron entre 5,000 y 10,000 vicuñas en el Perú. Un análisis de la variabilidad genética en poblaciones de vicuña a lo largo de su distribución actual publicado en 2001 por Wheeler et al. documentó evidencia de consanguinidad, con bajos valores de heterocigocidad y fragmentación en cuatro poblaciones distintas, cada uno con reducida variabilidad genética y cada uno distinta de las otras. Subsecuentes estudios, con un número mayor de poblaciones, han confirmado las conclusiones (Casey et al. 2018). Desde 2001 la recomendación ha sido que cada uno de las cuatro poblaciones deben ser tratados como unidades de conservación separados y que no debía haber movimiento de animales entre las cuatro unidades hasta la realización de estudios adicionales.

La situación de la vicuña es contradictoria, está clasificada como especie de menos preocupación debido a su gran población, mientras que el guanaco está clasificáda en peligro crítico de extinción debido a su reducida población. Sin embargo, la vicuña sufre de reducida variabilidad genética y hay evidencia de consanguinedad, entre otros factores que contribuyen al vortex de la extinción, el estudio de la ADN de ambas nos obliga a elevar la pregunta ¿cuál especie está realmente en peligro?. Queda obvio que se requiere más investigación y una reevaluación de la situación y manejo de la conservación de ambas especies. Sin embargo, no ha habido, y no hay, control sobre el movimiento de vicuñas entre las cuatro poblaciones y el resultado ha sido el origen de genomas nuevos de vicuña producto del mal manejo. Es urgente reevaluar el manejo de la conservación tanto del guanaco como de la vicuña, tomando en consideración sus distintas historias evolutivas. No se puede aplicar el mismo plan a la vicuña y al guanaco (Casey *et al*. 2018).

Referencias

Casey C, P Orozco-terWengel, M Kadwell, JC Marin, R Rosadio, L Maturrano, D Hoces, Y Hu, JC Wheeler y M Bruford. 2018. Comparing genetic diversity and demographic history in co-distributed wild South American camelids: implications for conservation. Heredity: https://www.nature.com/articl es/s41437-018-0120-z

Díaz-Maroto P, A Rey-Iglesia, I Cartajena, L Núñez, MV Westbury, V Varas, M Moraga, PF Campos, P Orozco-terWengel, JC Marín y AJ Hansen. 2021. Ancient DNA Reveals the Lost Domestication History of South American Camelids in Northern Chile and Across the Andes. eLife 2021;10:e63390.

Fan R, Z Gu, X Guang, JC Marin, V Varas, B Gonzalez, JC Wheeler, Y Hu, E Li, X Sun, X Yang, C Zhang, W Gao, J He, K Munch, R Corbett-Detig, M Barbato, S Pan, X Zhan, MW Bruford y CS Dong. 2020. Genomic analysis of the domestication and post-Spanish conquest evolution of the llama and alpaca. *Genome Biology* June 2020.

Goldberg A, AM Mychajliw y EA Hardy. 2016. Post-invasion demography of prehistoric humans in South America. *Nature*, 532(7598), 232-235.

Le Neün M, E Dufour, A Zazzo, O Tombret, F Thil, JC Wheeler, T Cucchi y N Goepfert 2023. Holocene occupation of the Andean highlands: A new radiocarbon chronology for the Telarmachay rockshelter (Central Andes, Peru). *Quaternary Science Reviews*. 312 92023) 108146.

León F, EJ Pizzaro, D Noll, LR Pertierra, BA Gonzalez, WE Johnson, JC Marín y JA Vianna. 2024. History of Diversification and Adaptation from North to South Revealed by Genomic Data: Guanacos from the Desert to Sub-Antartica. *Genome Biology and Evolution* 16(5). Advance Access publication 18 May 2024.

Scherer, M.C. 2013. The Camelidae (Mammalia, Artiodactyla) from the Quaternary of South America: Cladistic and Biogeographic Hypotheses. *Journal of Mammalian Evolution* 20:45-56.

Wheeler JC, M Fernández, R Rosadio, D Hoces, M Kadwell y MW Bruford. 2001. Diversidad Genética y manejo de poblaciones de vicuñas en el Perú. *RIVEP Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú Suplemento* **1**:170-183.

THE ALPACA GENOME: FROM CHROMOSOMES TO DNA SEQUENCE

Terje Raudsepp

Texas A&M University, College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, College Station, Texas, USA

Few animals have served humanity more uniquely than domesticated South American camelids - alpacas and llamas. These iconic species of Altiplano are important production, pack and companion animals that are well-adapted to extreme semi-arid high-altitude environments. Therefore, in times of global environmental changes, South American camelids are valued models for sustainable animal resources. To capitalize on alpacas as a source of environmentally sustainable animal products (fiber, fleece, and meat), it is important to have in-depth knowledge about the biology of the species, including the unique features of the alpaca genome. Since all eukaryotic genomes are divided into chromosomes, we will first describe the specific and unique features of the alpaca karyotype, the autosomes, and the sex chromosomes. We will show the important contribution of conventional and molecular cytogenetic studies to the assembly of chromosome-level alpaca reference genomes. Specifically, we will discuss how cytogenetically detectable chromosomal features, such as the presence of heterochromatic and other repetitive sequences, implicate the assembly of individual chromosomes. We will follow the progress of the alpaca genomics over the years and discuss the sequence assembly of alpaca autosomes and the sex chromosomes in the context of production traits, genetic disorders, development, fertility, and population genetics. The presentation aims to underscore the important interrelation of cytogenetics and genomics for gaining comprehensive knowledge about alpaca biology in health and disease.

NEXT GENERATION GENOMIC TOOLS FOR THE STUDY OF SOUTH AMERICAN CAMELIDS

Brian W Davis, Ph.D., Assistant Professor of Biomedical Genetics

Department of Veterinary Pathobiology, Department of Small Animal Clinical Sciences, Texas A&M University College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences

Recent advances in genetic and genomic technology have revolutionized the field of biomedical genetics. The development of *in silico* single nucleotide variant (SNV) arrays afford a low-cost and highly reproducible platform to study the dynamics of populations and known variants associated with phenotypes and heritable disease. However, the arrival of low cost, high throughput sequencing (HTS) affords the ability to examine individual genomes on a base-by-base level without the burden of ascertainment bias that plagues SNV arrays. Approaches such as whole genome sequencing coupled with low-pass sequencing and imputation can bring the cost of genomic research in close parity with SNV arrays. This experimental design is useful for genome-wide association studies, as well as understanding population dynamics and the effect of natural and artificial selection. HTS can also be used to examine the level of gene expression at a whole tissue level, termed RNA-seq, as well at the single-cell level. All these approaches rely on well-constructed and annotated reference genomes, like the one we have developed for alpaca are working on for the llama, dromedary and bactrian, and seek to do so for the vicuña and guanaco. We plan to curate these reference genomes with RNA-seq as well as technologies such as ChIP-seq and CAGE-seq to provide an understanding of gene regulation. Altogether, we will create a new world camelid pangenome that encompasses multiple individuals from each species, as well as domestic lineages to capture both recent and distant genome structural evolution. This very recent approach allows for a significant reduction in HTS alignment bias and solves the difficult problem of copy number variation between lineages.

UNRAVELING THE INHERITANCE OF GENETIC DISORDERS IN ALPACA: THE BLUE-EYED WHITE CASE

Felipe Avila[1], Bradley J. Till[1], Anna S. Grulikowski[1], Emily F. Cooper[1], Julie E. Dechant[2], Brian W. Davis[3], Terje Raudsepp[3], Rebecca R. Bellone[1,4], Monica Aleman[5]

[1]Veterinary Genetics Laboratory, School of Veterinary Medicine, University of California-Davis, Davis, CA, USA
[2]Department of Surgical and Radiological Sciences, School of Veterinary Medicine, University of California-Davis, Davis, CA, USA
[3]Department of Veterinary Integrative Biosciences, School of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, Texas A&M University, College Station, TX, USA
[4]Department of Population Health and Reproduction, School of Veterinary Medicine, University of California-Davis, Davis, CA, USA
[5]Department of Medicine and Epidemiology, School of Veterinary Medicine, University of California-Davis, Davis, CA, USA

Alpacas are important animals for fiber production, with white being particularly desirable for the textile industry because it can be dyed to produce any color. White alpacas can be born with blue eyes, and recently our team confirmed that these individuals are unilaterally or bilaterally deaf. The genetic basis of deafness in blue-eyed white (BEW) alpacas remains unknown. To identify causal variant(s) for this phenotype, whole genome sequencing data from 5 BEW alpacas and 5 non-BEW alpacas were generated at ~30X coverage per individual, and variant calling was performed using Freebayes, BCFtools mpileup, and GATK. Variants called by all three callers and predicted to be deleterious to protein function were prioritized for investigation. This analysis identified 16 missense variants in 10 candidate genes with predicted moderate impact: BBS5, ESCO2, KIT, KRT14, LMO7, LRP2, POU1F1, PRKCQ, REST, and SIK3. These variants were then screened in 93 unrelated alpacas (9 BEW and 84 of various colors) using the Agena Bioscience MassARRAY system. Association analyses were done using a case-control design and unconditional logistic regression models on the SNPStats software. No SNPs were perfectly concordant with phenotype, but all BEWs were heterozygous for the KIT c.376G>A (p.Gly126Arg) allele associated with the classic grey phenotype. Additionally, a significant association ($p<0.01$) was identified for the LRP2 (c.589G>A, p.Asp197Asn) missense variant under a dominant model. All BEW alpacas had at least one copy of the LRP2 variant, and therefore, it is possible that the combination of KIT c.376G>A and LRP2 c.589G>A cause the deaf BEW phenotype. In humans, mutations in this gene were reported to cause sensorineural hearing loss and ocular defects (among other abnormalities). While our goal is to develop genetic tests to support informed decisions in alpaca breeding, testing additional BEW alpacas for this and additional putatively associated variant(s) is warranted.

ESTRUCTURA GENÉTICA DE POBLACIONES DE LLAMAS, ALPACAS Y VICUÑAS DE BOLIVIA: ANÁLISIS GENÓMICO PRELIMINAR

[1]Barreta, J; [1]Román, P; [1]Iñiguez, V; [2]Gutiérrez, L; [2]Saavedra, V.; [3]Suárez A.; [3]Gutiérrez-Gil, B; [3]Arranz, J. J.; [4]Periasamy, K.

[1]Instituto de Biología Molecular y Biotecnología, Universidad Mayor de San Andrés
[2]Universidad Técnica de Oruro
[3]Universidad de León, España
[4]Instituto de Energía Atómica, Austria.
jbarretapinto@yahoo.com

En Bolivia, existe la mayor población de llamas (*Lama glama*) a nivel mundial reconociéndose dos morfotipos denominados khara (tipo pelada) y thampulli (tipo lanuda). Las primeras, se encuentran distribuidas en el altiplano norte y central y las segundas se encuentran distribuidas en el altiplano sur principalmente. Por su parte, la población de alpacas (*Lama pacos*) que ocupa el segundo lugar en número a nivel mundial, también presenta dos morfotipos como son Suri (mechón largo) y Huacaya (mechón corto). Además, en Bolivia también existen dos morfotipos de vicuñas como son *Vicugna mensalis* y *Vicugna vicugna* distribuidas desde el norte al sur respectivamente. El objetivo de este trabajo es evaluar el grado de variabilidad genética de estas especies y, por tanto, el manejo actual de cría. El segundo objetivo es determinar la estructura genética entre ellas y sus subpoblaciones. Nuestros datos consisten en 31 llamas, 32 alpacas y 42 vicuñas de ambos morfotipos por especie. Se utilizó un chip de SNPs de Afimetrix diseñado para alpacas de 75K. Tras el control de calidad de los genotipos y el filtrado de los marcadores en base al desequilibrio de ligamiento con el software PLINK, se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Este análisis agrupó las muestras de las distintas especies, permitiendo diferenciar las tres especies en el primer componente principal (24,8% de la varianza explicada). El análisis de la subestructura de las poblaciones, realizado con el programa ADMIXTURE (K=2), se diferenciaron claramente las poblaciones de llamas y vicuñas. Mientras que el K=4 mostro una mayor subestructura en vicuñas que en llamas y alpacas. Las agrupaciones mostradas en vicuñas en los análisis de estructura poblacional permitieron diferenciar tres grupos, correspondientes con los morfotipos del norte, centro y sur geográficamente representados. Los valores entre pares de especies de FST fueron mayores entre vicuñas y llamas (FST = 0,23) que entre vicuña y alpaca (FST = 0,10). La divergencia entre llamas khara y thampulli es importante en el árbol filogenético. Estos resultados son correspondientes a trabajos previos con marcadores nucleares, debido probablemente a aislamiento geográfico.

Palabras clave: *SNP, estructura genética, variabilidad genética, llama, alpaca, vicuña*

PROGRAMA BLACK ALPAKA – UN EJEMPLO DE SOSTENIBILIDAD

BLACK ALPAKA PROGRAM – AN EXAMPLE OF SUSTAINABILITY

Alan Cruz[1,2], Alonso Burgos[1], Alex Yucra[1], Gustavo Gutiérrez[2], María Wurzinger[3], Juan Pablo Gutiérrez[4]

[1]Estación Científica de Pacomarca, Inca Tops S.A.
[2]Universidad Nacional Agraria La Molina
[3]Life Sciences and Natural Resources University (BOKU)
[4]Universidad Complutense de Madrid

La producción anual de fibra negra y sus diversas tonalidades rojizas en el país varía entre el 0.004% al 0.016% de la producción nacional de fibra de alpaca. El Grupo Inca, a través de la Estación Científica Pacomarca, inició el "Programa Black Alpaka" que busca recuperar la población de este color, seleccionando para el color negro intenso. El programa inicia el año 2018, agregando 450 alpacas colectadas del sur del Perú, a la Estación que ya contaba con alrededor de 100 ejemplares. Se analizaron 5,083 muestras de fibras medidas por colorimetría (CIELab), que corresponden a 3,288 alpacas negras muestreadas entre el 2018 al 2023. Se analizaron los efectos del color (negro y negro rojizo), el sexo (machos y hembra) y el año de muestreo (2018 al 2023). Se obtuvo un 40% de crías negras cuando los padres carecen de información de segregación del color negro en su ascendencia, en cambio se obtuvo un 80% de crías negras cuando los padres contaban con información de color negro en su ascendencia. Para la Luminosidad (L*) se encontró diferencias ($p<0.05$) solo para el color y año. Las medias de L* solo de crías fueron 18.2±3.28, 20.8±10.5, 18.2±5.72, 17.2±5.17, 17.0±1.13 y 16.8±0.5 para el 2018 al 2023 respectivamente. Podemos concluir que: 1) Para seleccionar (saca) las líneas parentales no solo bastan la información del color del individuo, sino también es necesario realizar el análisis de segregación del color negro en su progenie. 2) El incremento de la población bajo selección permite un mayor progreso genético en la búsqueda del negro intenso. 3) En la descendencia no se puede emplear la misma presión de selección para machos y hembras, las hembras pueden ser negras y negras rojizas, mientras que los machos deberían ser negros intensos y 4) La puesta en marcha de un programa de mejora genética con bases científicas puede contribuir a posicionar a la fibra de color negro natural en el mercado de la moda.

Palabras clave: Black alpaka, colorimetría, fibra, luminosidad, programa genético

DETECCIÓN DE VARIACIÓN EN EL NÚMERO DE COPIAS EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS UTILIZANDO INFORMACIÓN DEL GENOMA COMPLETO

DETECTION OF COPY NUMBER VARIATION IN SOUTH AMERICAN CAMELIDS USING WHOLE GENOME INFORMATION

Carola Melo Rojas [1]*; Diana Sánchez Herencia[1]

[1]Laboratorio de Genética. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria Canchis. Universidad San Antonio Abad del Cusco. Cusco-Perú.
carola.melo@unsaac.edu.pe

La variación en el número de copias (CNV) son variaciones a lo largo del genoma y, son importantes para conocer la caracterización genética de diferentes individuos y su rol en el fenotipo de estos, así como en enfermedades que han sido demostrados en el humano y diferentes especies domésticas. Sin embargo, todavía falta una investigación amplia del genoma sobre estas variaciones estructurales en los Camélidos Sudamericanos. El presente trabajo es el primer mapeo de CNV con el objetivo de desarrollar un primer mapa de variación del número de copias a escala fina para los cuatro Camélidos Sudamericanos, para ello utilizamos datos de secuencias de genomas completos de nueve alpacas de la raza Huacayo y siete de la raza Suri, cuatro llamas de las razas Q'ara y dos Chak'u, además de un guanaco y una vicuña. Se identificaron un total de 4,247 CNV (2622 deleciones y 1625 duplicaciones), lo que corresponde a un promedio general de 176 CNV por animal. La longitud media de la CNV fue de 68 kb. Hubo una diferenciación sustancial entre las poblaciones para algunas CNV, que en caso de guanaco es mayor que al de vicuñas para animales silvestres. Los CNV que estaban en regiones codificantes fueron mayoritarios frente a CNV que estaban en espacios intergénicos, donde se pudo identificar que tenían un papel en importantes funciones biológicas, funciones moleculares y componentes celulares, principalmente en relación con el sistema olfatorio, sistema inmunitario, regiones relacionadas a la finura en especies como ovinos, entre otras características de importancia.

Palabras clave: CNV, alpaca, llama, vicuña, guanaco.

VICPAC4, LONG READ BASED CHROMOSOME-LEVEL REFERENCE GENOME THAT INCORPORATES COMPLEX REPETITIVE SEQUENCES IN ALPACA *(VICUGNA PACOS)*

Mayra N. Mendoza [1]*, Brian W. Davis[1], Terje Raudsepp[1]

[1]Department of Veterinary Integrative Biosciences, School of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, Texas A& M University, College Station, TX, USA
mmendoza@tamu.edu

A reference genome is the most essential asset for contemporary genetic research, offering insights into population health, evolution, morphological variation, and heritable diseases. It is also the reference to determine sequence-based genomic, epigenomic, and transcriptomic variation and identify variation associated with phenotypes and disease. As such, the utility of fragmented reference genomes containing non-chromosomally assigned contigs or scaffolds are limited. Here we present VicPac4, a chromosome-level alpaca genome, generated by combining PacBio long-read high-fidelity circular consensus sequencing, Hi-C chromatin conformation capture, and optical genome mapping (OGM). Assignment of scaffolds and super-scaffolds was supported by the alpaca cytogenetic map and the alpaca 76K SNP chip data. The current assembly is 2,572 Mb, with 1200 contigs (N50 = 40.28 Mb) and 783 scaffolds (lengths: 6.7 to 127.7 Mb, N50 = 67.53 Mb). Additionally, telomeric TTAGGG repeats were positioned in 36 chromosome ends out of a total of 74. Furthermore, the conserved sequences of 18S-5.8S-28S rDNA, also known as Nucleolar Organizer Regions (NOR), were found in several unassigned scaffolds, facilitating their assignment to the respective NOR chromosomes. The improved chromosome-level alpaca reference VicPac4 has considerably enhanced accuracy and contiguity and will be the basis for the first population-level alpaca genome variant database.

Keywords: Reference genome, alpaca, sequencing, long-reads

IDENTIFICACIÓN DE VARIANTES ESTRUCTURALES EN EL GENOMA DE LA ALPACA: CROMOSOMA X

Melina Anello [1]*; Laura Wolfenson [1]; Jeremy Chacón[2]; Gustavo Gutierrez-Reynoso[3]; Abel Ponce de León[4]; Florencia Di Rocco[1]

[1]Instituto Multidisciplinario de Biología Celular, CONICET-UNLP-CIC, La Plata, Buenos Aires, Argentina

[2]Minnesota Supercomputer Institute, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55108, USA

[3]Instituto de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

[4]Department of Animal Science, University of Minnesota, San Paul, MN 55108, USA
melianello@gmail.com

Las variantes estructurales (SVs) incluyen deleciones, inserciones, duplicaciones e inversiones de fragmentos del genoma de más de 50 pb. Contribuyen a la diversidad y evolución de los genomas animales, con un importante impacto en el fenotipo. Los objetivos de este trabajo fueron identificar, anotar y caracterizar SVs del genoma de la alpaca y obtener nuevas variantes y genes candidatos para características de interés biológico y productivo. Para ello se tomaron muestras de sangre de 9 alpacas de un criadero en Oregon, EEUU. La extracción de ADN, construcción de bibliotecas y secuenciación se realizaron en BGI-Tech Labs, Hong Kong. Se empleó la plataforma Oxford Nanopore PromethION para obtener lecturas largas. Estas fueron mapeadas utilizando MiniMap2 y el genoma VicPac3.2 como referencia. Por último, se emplearon los programas Samtools y Sniffles2 para identificar y filtrar SVs. Se identificaron 49734 SVs a lo largo de todo el genoma. Las inserciones y deleciones fueron más comunes (50,8% y 48,5% respectivamente). Poco más del 22% se encontraron en regiones que comprenden genes, resultando en 12663 genes afectados. En particular se analizó el cromosoma X, que presentó 1120 SVs. Filtramos aquellas que representaron diferencias solo con la referencia, y luego seleccionamos las que se ubicaron en regiones génicas. Para cada variante evaluamos su posible impacto en la proteína resultante según su ubicación en el gen. Entre estas SVs encontramos 4 deleciones de interés ubicadas en: 1)región reguladora (5'UTR) de IL3RA, gen involucrado en la respuesta inmune mediada por inmunoglobulinas; 2)parte del exón 6 de GTPBP6, gen asociado a un tipo de displasia esquelética de herencia dominante en humanos; 3)región 3'UTR de MXRA5, gen que codifica una proteína asociada a la remodelación de la matriz extracelular; 4) región reguladora y exones 1 y 2 del gen PIR, el cual actúa como cofactor transcripcional y participa en la regulación de la transcripción y replicación del ADN. Continuamos analizando los restantes cromosomas en la búsqueda de genes candidatos para susceptibilidad y/o resistencia a enfermedades, reproducción, y características de la fibra.

Palabras clave: Variantes estructurales, cromosoma X, genes candidatos

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA EN ALPACAS MEDIANTE SIMULACIÓN

Gerardo C. Mamani Mamani[1,2]; Dennis Pilares Figueroa[3]; Luis P. B. Sousa Junior[1]; Alejandra M. Toro-Ospina[1]; Jon Schoonmaker[1]; Maria Julia Bello-Bravo[4]; Jennifer Richardson[5] and Luiz F. Brito [1*]

[1]Department of Animal Sciences, Purdue University, West Lafayette, IN, USA
[2]Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú
[3]Departamento de Ciencia Animal, Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa UNSA, Arequipa, Peru.
[4]Department of Agricultural Sciences Education & Communication, Purdue University, West Lafayette, IN, USA
[5]Department of Curriculum and Instruction, Purdue University, West Lafayette, IN, USA
britol@purdue.edu

Se simuló un programa de mejora con el objetivo de evaluar las ganancias genéticas de tres características correlacionadas y de diferentes heredabilidades: T1 (h2=0.21), T2 (h2=0.36) y T3 (h2=0.10). Estas características mimetizan el porcentaje de medulación, diámetro de fibra y peso vellón en alpacas, respectivamente; siendo realizada la selección solo por T1. El programa estaba constituido por tres subpoblaciones de diferente número de machos y hembras, conectados mediante el flujo unidireccional de machos. Se evaluaron cuatro escenarios de selección de reproductores (E1, E2, E3 y E4) durante 20 generaciones y con 10 repeticiones. Se usó el paquete AlphaSimR del lenguaje de programación R para simular 4,775 genomas fundadores con 10 cromosomas de 1,000 QTL cada uno. Las características fenotípicas se simularon según las heredabilidades y correlaciones genéticas reportadas en la literatura científica. Como resultados y considerando que T1 se seleccionó a favor de disminuir su valor fenotípico, caso del porcentaje de medulación, las respuestas fueron de -0.13, -0.31, -0.68 y -0.75 unidades por generación para los escenarios E1, E2, E3 y E4, respectivamente. Evidenciándose que la selección de reproductores machos por su valor de cría y la selección de las hembras por su fenotipo permite obtener mayores ganancias, incluso en la subpoblación que no realiza selección, pero que introduce reproductores de donde si lo hacen. Por otro lado, también se obtuvo ganancias en T2, diámetro de fibra, de -0.13, -0.16, -0.36 y -0.42 unidades por generación para E1, E2, E3 y E4, respectivamente. Esta respuesta se observó debido a la correlación favorable entre porcentaje de medulación y diámetro de fibra. Para T3 las respuestas fueron menores, debido a su baja heredabilidad y correlaciones genéticas desfavorables con T1 y T2. Este estudio demostró que la cooperación de las subpoblaciones es crucial para lograr la mejora genética en sistemas de producción de alpacas y la selección por reducir el porcentaje de medulación permite obtener ganancias también en la reducción de diámetro de fibra, pero que no se observó respuesta favorable para el peso de vellón.

ANÁLISIS DE COLORIMETRÍA Y ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN VELLONES DE ALPACAS HUACAYA

COLORIMETRY ANALYSIS AND ESTIMATIONS OF GENETIC PARAMETERS IN FLEECE HUACAYA ALPACA

Alex Yucra [1*] ; Alan Cruz [1,4] ; Alonso Burgos [1]; María Wurzinger [2] , Juan Pablo Gutierrez[3], Gustavo Gutierrez[4]

[1] Estación Científica Pacomarca, Inca Tops S.A, Puno, Perú
[2]University of Natural Resources and Life Sciences and (BOKU), Vienna, Austria
[3]Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
[4]Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú
ayucra@pacomarca.com

El color de vellón en la fibra de alpaca va del negro al blanco, pasando por toda la gama de marrones incluyendo las variantes del gris, con una tendencia de la moda al consumo en colores naturales de la fibra de alpaca. CIELAB es un espacio tridimensional de color (Commission Internationale d' Eclairage). El estudio tuvo dos objetivos: a) determinar la colorimetría del vellón bajo el sistema CIELAB y b) estimar los parámetros genéticos del color de vellón. Se colectaron 11, 163 muestras de fibra del costillar medio de 4, 218 alpacas Huacaya, entre el 2018 al 2023. Los vellones se agruparon en 9 categorías de color: Blanco, Ligh Fawn intensidad X, Y y Z, Café Claro, Café Oscuro Marrón, Café Oscuro Negro, Negro y Gris. Las muestras fueron lavadas, secadas a temperatura ambiente y cuantificadas con el equipo Chroma Meter CR-210 en los espacios de color: luminosidad (L*), la escala rojo-verde (a*), la escala amarillo-azul (b*), chroma (C*ab) y tono (h*ab) en el laboratorio de la Estación Científica Pacomarca. La estimación de los componentes de variancia vía REML fueron obtenidos usando un modelo animal multicarácter. Los rangos de las media y desviación estándar para la categoría de color para L*, a*. b*, C*ab y h*ab fueron de 88.63±2.96 a 17.25±2.96; 9.23±0.85 a - 0.75±0.57; 18.08±2.02 a -0.12±0.77; 20.32 ±1.91 a 0.88±0.76; 1.19±0.27 a -1.20±0.78 respectivamente. Las heredabilidades del color de vellón y cuando se incluye el grupo de color como un efecto fijo para L*, a*, b*, C*ab y h*ab fueron 0.94, 0.72, 0.72, 0.72, 0.42 y 0.08, 0.14, 0.12, 0.12, 0.15 respectivamente. Las correlaciones genéticas fueron moderadas a altas entre los espacios de color. Concluyendo que existe variabilidad entre y dentro de las categorías de color de vellón, los valores CIELAB se pueden utilizar como criterios de selección para uniformizar el color del vellón de alpacas.

Palabras clave: Colorimetría, CIELAB, parámetros genéticos, alpaca

PROYECTO: INTEGRACIÓN DE ESTRATEGIAS DE GENÓMICA, FENOTIPADO Y NUTRICIÓN PARA MEJORAR LA SUPERVIVENCIA Y CALIDAD DE LA FIBRA DE ALPACA

PROJECT: INTEGRATING GENOMICS, PHENOTYPING, AND NUTRITION STRATEGIES TO ENHANCE ALPACA FIBER QUALITY AND SURVIVAL

Luiz F. Brito[1] *; Alejandra M. Toro-Ospina[1]; Luis P. B. Sousa Junior[1]; Gerardo Mamani Mamani[1]; Jon Schoonmaker[1]; Maria Julia Bello-Bravo[2]; Jennifer Richardson[3] and Dennis Pilares Figueroa[4]

[1]Department of Animal Sciences, Purdue University, West Lafayette, IN United States. [2]Department of Agricultural Sciences Education & Communication, Purdue University, West Lafayette, IN United States.
[3]Department of Curriculum and Instruction, Purdue University, West Lafayette, IN United States.
[4]Departamento de Ciencia Animal, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa UNSA, Arequipa, Perú.
britol@purdue.edu

La producción de alpaca es uno de los principales medios de sustento de miles de familias del altiplano peruano, siendo la fibra el producto más importante para su comercialización; sin embargo, esto se ve afectado debido al bajo rendimiento productivo. Las principales causas son la baja calidad de los pastos, condiciones climáticas extremas y al bajo potencial genético de la población de alpaca, que causa una producción de fibra por debajo de la calidad requerida por el mercado. De esta forma, los objetivos del proyecto de investigación y extensión son: desarrollar estrategias de mejoramiento basadas en genómica para aumentar la diversidad genética y mejorar el mérito genético de los rebaños de alpacas para la supervivencia y la calidad de la fibra en las regiones de Arequipa, Sibayo, Yanque y Madrigal; evaluar prácticas de manejo nutricional e identificar forrajes de alta calidad adaptados al altiplano peruano para satisfacer las necesidades nutricionales, además desarrollar actividades de extensión para los productores, estudiantes y profesionales. Esperamos que este proyecto tenga un impacto importante a largo plazo en la economía de las comunidades estudiadas y que garantice la viabilidad de los productos de fibra de alpaca en mercados internacionales. Los principales impactos previstos de este proyecto serán, un laboratorio de fenotipado para evaluar la calidad de la fibra, una evaluación integral de la diversidad genómica de alpacas para estrategias de conservación y generar una base de datos genómica y fenotípica para la calidad de la fibra y la supervivencia de las crías con la implementación de un programa de mejoramiento genómico. Finalmente, anticipamos que los resultados de este proyecto permitirán a las comunidades locales aprovechar sus recursos genéticos de una manera más eficiente. Esto tendrá un impacto sustancial en la rentabilidad de la fibra de alpaca, la reducción de la pobreza, el bienestar y seguridad económica de las comunidades estudiadas.

Palabras clave: Diversidad, Extensión rural, Mejoramiento genético.

DIVERSIDAD GENÉTICA MITOCONDRIAL DE ALPACAS Y LLAMAS DE LA REGIÓN SUR DEL PERÚ

MITOCHONDRIAL GENETIC DIVERSITY OF ALPACAS AND LLAMAS FROM PERUVIAN SOUTHERN

Orson Mestanza[1]*, Claudia E. Yalta-Macedo[1], Adriana Vallejo[2]

[1]Centro Experimental La Molina, Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Av. La Molina 1981, Lima, Lima 15024, Perú.
[2]Instituto The Roslin de la Universidad de Edinburgh – Escocia. Investigadora
omestanza@inia.gob.pe

El Banco de Germoplasma de la Estación Experimental (E. E.) Quimsachata – Puno, del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) fue creada en 1987 por el gobierno peruano para consolidar los planes de manejo y conservación de los camélidos de la región. Con el objetivo de conocer la variabilidad genética contenida en ella y la diferenciación con las poblaciones aledañas, se colectaron muestras de Quimsachata (44 alpacas y 39 llamas) y 377 alpacas y 282 llamas de la región sur del Perú en el periodo 2011 a 2012, el muestreo se dividió en individuos pertenecientes a Puna seca, Puna húmeda y Quimsachata, y se analizó el segmento hipervariable I de la región D-loop del ADN mitocondrial. Los niveles de diversidad genética (π) fueron altos para ambas especies (π>0.8353 ± 0.030), en la Puna seca para alpacas (0.922 ± 0.008) y Puna húmeda para llamas (0.912 ± 0.012). Se identificaron 51 haplotipos diferentes. La diferenciación genética entre especies fue moderada entre alpacas (Puna húmeda, Fst = 0.00376) y llamas (Puna seca, Fst = 0.00806). No se encontraron estructuración genética entre especies. El análisis filogenético mostró la presencia de clados guanaco y vicuña en las poblaciones estudiadas y demostró un alto grado de hibridación en las alpacas. La alta y nueva diversidad de haplotipos para los individuos incluidos en el clado guanaco apoya la domesticación de las llamas peruanas a partir de Lama guanicoe cacsiliencis. Los resultados contribuyen a la comprensión del complejo y dinámico proceso de domesticación de los Camélidos Sudamericanos mediante la genética de poblaciones, esta información es útil para la implementación de estrategias de manejo a nivel local y regional para el Banco de Germoplasma Quimsachata.

Palabras clave: Región control, Camélidos Sudamericanos

AVANCES PRELIMINARES DEL PROYECTO "GENALPACA: ANÁLISIS TRANSCRIPTÓMICO DE PIEL PARA IDENTIFICAR MARCADORES DE MEJORA GENÉTICA EN LA FIBRA DE ALPACA"

Alejandra K. Jiménez Espinoza[1], Lariza E. Pahuara Farfán[1], Alex Yucra Mendoza2, Leyfeng A. Cruz Camacho[2], Flor A. Corredor Arizapana[4], Gustavo A. Gutiérrez Reynoso[3], Felipe Fagundes de Avila[5], Solange R. Paredes-Moscosso[1], Ricardo Fujita[1], Claudio Villegas-Llerena[1]*.

[1]Centro de Investigación de Genética y Biología Molecular, Facultad de Medicina, Universidad de San Martin de Porras, Av. Almeda del Corregidor 1531, La Molina, Lima 15024, Perú.
[2] Área de Desarrollo Genético, INCA TOPS S.A, Av. Miguel Forga 348, Parque Industrial, Arequipa, Perú.
[3]Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional Agraria la Molina, Av. La Molina 15024, La Molina, Lima.
[4]Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario del INIA, Av. La Molina 1981, La Molina, Lima.
[5]Veterinary Genetics Laboratory, UC Davis Veterinary Medicine School
cvillegasl1@usmp.pe

La alpaca (Vicugna pacos) ha jugado un papel importante en el desarrollo de las sociedades andinas desde tiempos ancestrales, ya sea como fuente de alimento o por su fibra. Ésta última, y sus derivados representan un recurso económico importante para muchas familias y empresas textileras en el Perú. Entre las características más importantes que afectan el valor comercial de la fibra son la finura y color; lográndose en el caso de la finura, grandes avances en la reducción del diámetro gracias a programas modernos de mejoramiento genético. Por otro lado, la base molecular del color de la fibra de alpaca aún no ha podido ser descifrada. Identificar los genes y rutas metabólicas involucradas en la coloración de la fibra permitiría la aceleración de los programas de mejoramiento genético brindando grandes beneficios a la industria alpaquera. Con el propósito de entender la base genética de las características importantes que afectan su calidad, este proyecto propone realizar un estudio transcriptómico de la piel de alpaca. Para ello, se tomaron biopsias de piel (8mm de diámetro) y sangre periférica de al menos 120 alpacas provenientes del Fundo Experimental Pacomarca (Grupo Inca) en Puno. Estos animales se agruparon considerando el color de su vellón y la finura de su fibra. El material biológico fue trasladado a la USMP, donde se realizaron la extracción de ARN y ADN, lográndose obtener valores óptimos en su concentración, calidad y pureza. El ARN total obtenido (biopsia de piel) será secuenciado usando plataformas NGS (Next Generation Sequencing) y la data será analizada usando pipelines bioinformáticos. Por otro lado, el ADN obtenido (sangre periférica) servirá para el genotipado de los animales de estudio y su comparación con los resultados transcriptómicos. Con este estudio, criadores e investigadores, tendrán una noción más clara de los genes y las rutas metabólicas que controlan a las principales características relacionadas a la calidad de la fibra de alpaca.

Palabras clave: alpaca, transcriptómica, calidad de fibra, NGS, bioinformática

EJE TEMÁTICO III:

SALUD ANIMAL

SINGLE-DOMAIN ANTIBODIES OF SACS: ADVANCES, POTENTIAL USE AND LIMITATIONS

Christopher Cebra[1,2]

[1]Department of Clinical Sciences, Carlson College of Veterinary Medicine, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.
[2]Biotesserae Inc, Corvallis, Oregon, USA

Abstract

Heavy-chain antibodies produced by camelids likely play a specific role in those animals' immune systems, but have also gathered international scientific attention. These antibodies have an antigen-binding region made from a single protein chain, which gives it a unique shape and properties. The binding region, also called a single-domain antibody or VHH, can be used as a fragment much in the way that an entire antibody is used, but with lower immunogenicity, greater stability and faster clearance. Human pharmaceuticals are starting to appear based on these fragments and many more are under investigation. This paper outlines the properties of the camelid antibody and why it is so unique.

Keywords: Camelids, Immunology, Heavy-Chain Antibodies, VHH

Content

Except for primitive jawless fish, all vertebrates make antibodies as part of their adaptive immune response. These are generally made by B-lymphocytes, which express a transmembrane protein, the B-cell receptor, which binds a specific target antigen. These cells make a separate secretable form of that protein, one with a hydrophilic terminus instead of a membrane-anchoring hydrophobic one, which is the antibody. In almost all species, antibodies conform to a defined structure: two heavy chains join with two light chains to form a Y-shaped heterotetramer where the base of the Y is made from linked constant (CH2 and CH3) regions of the heavy chains, the two arms are made from linked constant (CH1 and CL) and variable (VH and VL) regions of the heavy and light chains and a flexible hinge joins the arms to the base. Each region is around 110 amino acid residues long. Disulfide bonds join the chains and promote folding within regions. This structure is conserved during production. Immunoglobulin heavy chain binding protein (BiP) retains heavy chains in the endoplasmic reticulum during synthesis, likely by binding CH1 and possibly VH, This BiP can be displaced by a light chain, allowing the tandem to translocate into the Golgi body, and eventually be secreted.

The constant base of the antibody, the Fc region, determines its class, binds immune cells and activates complement. The hypervariable N-termini of VH and VL determine the binding specificity of the arms of the antibody, and are in turn determined through gene hypermutation and reorganization. Within VH and VL, three separate complementarity determining regions (CDR1-3 or H1-3 and L1-3) among 4 framework regions are the actual determinants of binding affinity. Each CDR is 6 to 20 amino acid residues

long and forms a specific looped shape that gives it specific binding properties. Except for H3, these are fairly similar to each other. H3 has much more structural diversity and its shape is less predictable. It is thought to be responsible for one-third of the contact between antibody and antigen, and has a distinctive kink near its C-terminus. The 6 CDR in the combined hypervariable region form a single face to bid antigen. Possible conformations have been described as cavities, grooves or a flat surface, each designed to interact with a specific size molecule. They are rarely convex.

Old and New World camelids make conventional antibodies, but additionally make homodimeric heavy chain-only antibodies (HCAb). These were discovered in camel blood in Belgium in the late 1980s, and were subsequently found in all species of camelid. Various estimates have suggested that 50-80% of all antibody in camels is HCAb and 10-25% in New World camelids. The greater proportion of HCAb in camels is matched by a greater proportion of germ line genes. HCAb of another sort are found in sharks. These show some structural similarities to camelid HCAb but are also quite different. In addition to the complete lack of light chains, camelid HCAb have several differences in their heavy chains from conventional antibodies. These include the lack of CH1, possible extended hinge sequences, specific amino acids in VH, the potential for longer H3 (up to 31amino acids) with concurrent loss of some of VH, greater length and variability in H1 and H2 and additional sites for disulfide bonds between H3 and either H2 or the adjacent framework region. The loss of CH1 is caused by a point mutation in a splicing site that leads to loss of CH1 mRNA. It removes the BiP binding site, and with it the potential for binding a light chain. It also would bring the two arms closer together and possibly inhibit cross-binding; a lengthened hinge in some IgG subtypes compensates for this. The amino acid changes enhance hydrophilicity and hence solubility in a hydrophobic region normally covered by the light chain. The greater size and/or diversity of the CDRs are the areas of greatest scientific interest. Being individually larger, but unhindered by an associated light chain, the antigen binding region of HCAb or VHH has more potential to have a convex shape than that of conventional antibody. The extra disulfide bond sites give these longer loops greater rigidity. This may allow these antibodies better access to the active sites of enzymes or other cleft-like targets, targets generally inaccessible to conventional antibodies. It also has species differences: the llama H3 loop is generally shorter than that of the camel, and the disulfide bond sites are different.

All the unique features of VH associated with HCAb has led to them being classified as VHH. They are often referred to as nanobodies, a name trademarked by Ablynx in 2013, or single-domain antibodies (sdAb). This fragment can be produced without the remainder of the sdAb to make a 15kD protein that has the same binding region of a complete HCAb (90kD) and similar to a conventional antibody (150kD). It binds a specific target similar to an antibody, but has numerous physical differences. By lacking the Fc region, sdAb are minimally immunogenic and do not activate complement or recruit immune cells. The VHH can be altered to further mimic the VH of another species, if further decreases in immunogenicity are desired. SdAb have high solubility and are resistant to degradation under pH or temperature extremes. Their small size means they have a short half-life in the body, but also enables them to penetrate membranes and dense tissue masses better than larger antibodies. All of these factors have generated interest in using sdAb for a variety of biomedical indications.

Antibodies have a variety of scientific and medical applications. These generally rely on their ability to bind a specific target. In diagnostics, they are used in such tests as ELISA, Western Blot, flow cytometry, immunofluorescence, immunohistochemistry, immunocytochemistry or immunoprecipitation. For

therapeutics, they are primarily used to fight cancer, infection or immune-mediated diseases. In these regards, they target the disease-causing agent or try to modulate the body's immune response. In the past, antibodies were often collected from hyperimmunized animals. While that still happens to some extent, it is becoming increasingly common to collect B-cells from an antigen-stimulated animal, usually a mouse, and fuse those cells with immortal myeloma cells. The ensuing hybridoma cells produce identical (monoclonal) antibodies, whereas serum collected from an immunized animal contains a variety (polyclonal) of different antibodies against the same antigen. Manufactured antibodies can be manipulated to adapt them to a new species, complex them with other compounds and for a variety of other applications.

Antibodies, especially monoclonals have been important contributors to modern health care. Engineered bispecific antibodies, where the two arms target different antigens, are the next generation. In 2023, 5 of the top 10 selling pharmaceuticals (in sales dollars) were monoclonal antibodies. They are the main part of the explosion in immunotherapy with many prominent success stories and over 10,000 scientific reports per year in all but 1 year since 2009. They are relatively long-lasting in the blood, and use the body's own immune system to fight disease. However, they have some disadvantages. Some of these relate to effects of interacting with their direct target. Others are more general. They are immunogenic and have a relatively high risk of inducing inflammatory reactions. By having a relatively flat zone of antigen interaction, they are limited to what sort of molecule that can bind. They are big molecules, which have limited body distribution and tumor penetration. From a veterinary standpoint, since they have a species-specific Fc region, they have an even higher rate of reaction if used in a different species. This can be combated through molecular engineering and customization, but this brings up a further issue: they are expensive to produce, and thus often out of the reach of your average animal owner. Thus, whereas there are over 190 therapeutic antibodies approved or in regulatory review in Europe or the US (https://www.antibodysociety.org/antibody-therapeutics-product-data/), there are only 4 veterinary products.

Antibody fragments, usually a smaller piece containing the hypervariable region account for more products. When based on conventional antibodies, they have similar binding characteristics, but they usually are cleared from blood faster and are less immunogenic. SdAb, where the fragment is based on camelid HCAb, represent another approach to immunotherapy. They are 1/10 the size of a complete conventional antibody, have binding specificity, but in a form that potentially allows interactions with targets that require a convex ligand, and lack the Fc to evoke an immune reaction, good or bad. Being smaller and consisting of a single chain, sdAb are easier to produce and more stable for storage. They can also be manipulated to make bigger molecules, have high binding specificity, stay in the blood longer, carry cargo, more closely resemble a non-camelid protein and a multitude of other uses. These have been explored extensively for a variety of applications, most commonly treatment of infectious diseases and cancer, and also as diagnostic aids. They represent the greatest way that camelids have contributed to world health care.

SdAb against a target can be generated in a variety of ways. If the target is immunogenic, camelids can be inoculated with it, or a portion of it, or its mRNA (if it is a protein). This should induce clonal expansion and greater affinity maturation of B-cells targeting that antigen. Blood (or spleen) is collected to isolate those B-cells. Alternatively, blood can be collected from unvaccinated camelids, although this may require a greater volume or yield a lower diversity of candidate sdAb against the target. Messenger RNA is collected from the collected lymphocytes, converted to cDNA by reverse transcription, selected for VHH regions,

and amplified through PCR using VHH gene-specific primers. Individual VHH genes are cloned into phagemid vectors, which are used to transform a microbial, or less commonly mammalian, cell expression system. Phagemids are plasmids that contain part of a phage genome and the introduced DNA, such that the completed phage will express the sdAb on its surface. As an alternative to libraries developed from actual camelid cells, synthetic and virtual libraries have been created for similar purposes.

The expression system can be screened in a number of ways. With the most common bacterial system, transformed bacteria containing the VHH library are grown up and incubated with a helper phage that allows completion of phage assembly. Bacteria are lysed and phages expressing the desired VHH are screened against an immobilized form of their target. Non-antigenic compounds can be used as targets in this way, using naïve libraries. Phages that bind the target are recovered and can be subject to further rounds of selection to identify those with the highest affinity for the target. The VHH DNA from the selected phages is sequenced, and this can subsequently be cloned into an expression vector for production.

While this sounds simple, identification of candidates for further study is not a guarantee of obtaining a functional diagnostic or therapeutic agent. With most of the preceding information coming from other researchers, most importantly those in Belgium who started the work with HCAb, this area is where I have the most personal experience. The first step is picking a suitable target. Antibodies have been used for a variety of applications, including as immunodiagnostics or therapeutically chiefly for infectious, neoplastic or immune-mediated conditions. After binding their target, they tend to utilize the immune system to complete their work, either by directly recruiting immune cells with their Fc regions, or more recently, by blocking suppressors of immune function (immune checkpoint inhibitors). SdAb are able to bind the same targets, possibly more due to their smaller and potentially more prominent antigen binding area, but are not as inherently suitable for recruiting immune cells – unless they are modified.

The most common targets for sdAb in the scientific literature are infectious agents and cancer. Many of the leading infections of our time have been targeted, including COVID-19, Influenza, Ebolavirus and tuberculosis. When targeting bacterial infections, they often function as antitoxins; simply binding a virus may inhibit its ability to spread, but without recruitment of white blood cells, sdAb likely have greater difficulty inhibiting bacteria. Separate antitoxins against non-infectious agents, such as snake venom, have also been investigated.

A variety of targets related to cancer have been tested. These include PD-1, PD-L1, HER2, EGFR, CD19, CD38, CD47, CTLA4 and others. These are almost all directed against human disease, and being a veterinarian, I am also interested in diagnosing and treating animal disease. Even though sdAb are fairly simple, non-immunogenic molecules, and many of these targets are reasonably well-conserved among man and animals, the high specificity of sdAb binding appears to allow for creation of agents that work considerably better in one species than another. Our particular interest is canine cancer. Cancer is the leading killer of dogs in the US. Most of the available treatments for canine cancer are from human medicine, and the parallels between human and canine cancer have led to a lot of mutual interest. Our lead goal has been blocking canine PD-1, an immune checkpoint that has proven to be an effective target in humans – Keytruda is the highest grossing pharmaceutical in the world right now, and a caninized PD-1 blocker has recently gained conditional licensure in the US for treatment of cancer in dogs. PD-1 is found on the surface of white blood cells, whereas other native cells express its ligand, PD-L1. If PD-1 on a white cell binds PD-L1 on another cell, the immune cell is calmed and dies or does nothing. If the white

cell encounters a bacteria or other foreign object that does not have the binder, the white cell activates and initiates an immune response. Many tumor cells overexpress the ligand, and with prolonged interactions between PD-1 and PD-L1, the white cells become exhausted. If PD-L1 binding to PD-1 can be blocked (immune checkpoint inhibition), white cells may activate and attack the tumor, leading to some degree of a self-cure. Our sdAb to block canine PD-1 may be the first patent in the world for a camelid-origin sdAb for a veterinary application. That product has been licensed to a private company for continued investigation and potential commercialization.

We have also immersed ourselves in the business of economical production. Monoclonal antibodies can be extremely expensive, with single-dose prices of some popular products at around $20,000 in the US. The veterinary market, and indeed the human market in much of the world, cannot bear such prices. SdAb can be easier to produce, but large scale production is still problematic. The mammalian cell expression vectors used by many sdAb investigators are the same as those used for more expensive monoclonal antibodies. We are looking into using non-mammalian cells and other techniques to streamline and economize on production. We hope this will allow this unique camelid-based technology to benefit all species across the globe.

Where are the camelids in all this? After all, it is possible to make naïve animal libraries, synthetic libraries, or even ones from transgenic mice with the VHH genome. These can be near-immortal, and the need for the origin species fades with time. First, it is likely that sdAb, which exist alongside standard antibodies in camelids, play an important, specific role. The more sdAb are studied, the more likely we are to learn that role, which we can turn back to benefit camelids. Second, some researchers, including my group, are specifically investigating the use of sdAb as therapeutics in camelids. Success there will improve camelid health care and welfare. Third, there is a benefit to affinity maturation. For certain targets, vaccinating live camelids and letting their immune systems work for us will likely yield better results than using a naïve library. This will forever link camelids directly to sdAb and should support camelids in the future. Last, appreciating this unique aspect of camelids will remind us of the value of species and habitat diversity, and how preserving both leaves us better equipped to deal with the future.

Conclusions

Single domain antibodies derived from camelids have many potential applications and the subject of intense scientific interest. They have distinct advantages over conventional antibodies, and those may prove to be better for specific uses. Regardless, they are a reminder of the uniqueness of camelids and their importance in the world.

Literature Cited

Alzari PM, Lascombe MB, Poljak RJ. Three-dimensional structure of antibodies. Annu Rev Immunol. 1988;6:555–580.

IMMUNOLOGY OF CAMELS AND LLAMAS in: Handbook of Vertebrate Immunology 1998, Pages 421-438

Vu KB, Ghahroudi MA, Wyns L, Muyldermans S. 1997. Comparison of llama V-H sequences from conventional and heavy chain antibodies. Mol. Immunol. 34:1121–31

Nguyen VK, Hamers R, Wyns L, Muyldermans S. 2000. Camel heavy-chain antibodies: diverse germline VHH and specific mechanisms enlarge the antigen-binding repertoire. EMBO J. 19:921–30.

Achour I, Cavelier P, Tichit M, Bouchier C, Lafaye P, Rougeon F. 2008. Tetrameric and homo-dimeric camelid IgGs originate from the same IgH locus. J. Immunol. 181:2001–9

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK27144/

Bannas, P.; Hambach, J.; Koch-Nolte, F. Nanobodies and nanobody-based human heavy chain antibodies as antitumor therapeutics. Front. Immunol. 2017, 8, 1603.

De Genst E, Silence K, Decanniere K, Conrath K, Loris R, Kinne J, Muyldermans S, Wyns L. Molecular basis for the preferential cleft recognition by dromedary heavy-chain antibodies. Proc Natl Acad Sci U S A. 2006 Mar 21;103(12):4586-91.

EIMERIA MACUSANIENSIS – WHAT WE KNOW AND WHAT WE NEED TO KNOW

Christopher Cebra[1]

[1]Department of Clinical Sciences, Carlson College of Veterinary Medicine, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.

Abstract

Eimeria macusaniensis represents a health risk to South American camelids that is often underappreciated. While the characteristics of disease and population at risk are different in different environments (such as between North and South America), these parasites have the potential to cause animal and economic losses anywhere. It also has the potential to be one of the most preventable parasitic diseases, with achievable management measures and effective medications that can substantially reduce animal illness and death. Understanding the current state of knowledge and the main areas for future research will help lead to a healthier, more productive future for camelids.

Keywords: Coccidiosis, *Eimeria*, Enteric diseases, Neonatal diseases

Content

A variety of parasites affect the gastrointestinal tract of New World camelids. Some of these are unique to camelids, but many also infest or infect ruminants, other domestic animals, cervids, or other wildlife. As a rule, parasitic infections are more associated with ill thrift than more specific and overt signs of GI disease, such as diarrhea or colic, but as such, they are among the most common causes of poor-doing in domestic camelids. Awareness of the importance of protozoal enteritis has been growing steadily. This is reflected both in the number of scientific publications, and the overall recognition that parasite control strategies must extend beyond anthelmintics. Also, once considered diseases of crias, certain protozoal enteritides are now widely recognized as important disorders of all ages of camelids.

New World camelids appear to be susceptible to at least 5 species of *Eimeria*. The focus of this report is *Eimeria macusaniensis.* This has large oocysts, 3 to 4 times larger than most other coccidia in all species, approximately 80 to 100µ in length. Only *E. leuckarti* of horses, *E. camelli* of camels, and *E. ivitanensis* of South American camelids are of similar size. *Eimeria macusaniensis* is ovoid and pyriform, resembling a cut avocado or watermelon seed in shape, with an obvious polar cap. There is some heterogeneity in size and shape of *E. macusaniensis*, and it is possible that future research will break it into distinct species. It also has a thick wall (approximately 8.5 to 11µ), which makes the cysts extremely durable; identifiable cysts have survived approximately 10,000 years in mummies.

Coccidia share a common life cycle. With *E. macusaniensis*, this takes a little longer than with the smaller coccidia. Unsporulated oocysts are passed in the feces. To become infective, they must sporulate in the environment, which takes 2 to 3 weeks for E. macusaniensis, with faster times under warmer conditions. Sporulation appears to arrest below 7°C. While we do not have the direct data concerning *E. macusaniensis*,

our investigations with other camelid coccidia suggest that the oocysts are long-lived in the environment, especially under dry conditions. Our suspicion is that the thick coat of *E. macusaniensis* makes it even more resistant to environmental destruction than other coccidia.

Sporulated oocysts are ingested directly from the ground or potentially still within feces. Unlike strongyle-type worms, where ingestion of larvae is promoted by the larvae climbing a grass stalk, surface may not be as important for coccidia, meaning passage easily happens in dirt paddocks. After ingestion, sporulated oocysts usually release 4 sporocysts each containing 2 sporozoites, which penetrate gut epithelial cells. The host cell nucleus and organelles are marginalized by the parasitophorous vacuole. When this has matured, the cell ruptures and hundreds to thousands of merozooites may be released. Survival varies among hosts, and immunity is thought to play a role, making disease more common in the naïve and the young. The level of multiplication for camelids is also unknown; for *E. macusaniensis*, roughly 300 oocysts were produced for each infectious oocysts ingested by healthy adults. New generations of merozoites repeat the cycle a number of times, creating additional mucosal damage. Eventually, some merozoites develop into sexual forms and unsporulated oocysts subsequently appear in the feces. The prepatent period for E. macusaniensis is from 31-43 days.

By replicating in and rupturing epithelial cells, coccidia damage the intestinal mucosa. Loss of this specialized digestive and absorptive epithelium has clear effects on those functions in the GI tract. One reads that *E. macusaniensis* additionally damages the crypt glands. With lower levels of infestation, it is true that parasitic damage is lower on the villus than with small coccidia, but with severe infestation the whole mucosa can be obliterated. The more damaging thing is the deeper penetrance of *E. macusaniensis*; the parasite can occasionally be found within the lamina propria, where they are likely to cause a large ulcer upon maturation and eruption.

Coccidia are generally associated with hemorrhagic, watery diarrhea progressing to weakness, lethargy, weight loss or poor weight gain, feed refusal, dehydration, and eventually shock, coma, and death. Colic, respiratory distress, and cerebral signs are uncommon or late findings. *E. macusaniensis* can cause all of those signs. In younger camelids, gastroenteritis is more likely to result in clinical diarrhea, whereas in older camelids, diarrhea is often absent or easy to miss. In fact, in adults, it is frequently counterintuitive to directly link the presenting signs to GI illness. Weight loss or poor weight gain, ill-thrift, and increasing lethargy, weakness, and loss of appetite are the most common signs. It is one of the most common causes for weakness, weight loss, hypoproteinemia, or ill thrift in our area. Some animals show colic signs, probably more with *E. macusaniensis* than with any other parasitic gastroenteritis.

Protein loss is considerable, and hypoproteinemia is the most consistent blood abnormality. Anemia, hyponatremia, and hypochloremia are other common abnormalities. As the disease progresses, hypoproteinemia worsens without commensurate anemia; mild anemia is common, but hypoproteinemia and hypoalbuminemia often become severe (such as 3.8 to 2.2 mg/dl for serum total protein and 1.8 to 0.6 mg/dl for serum albumin concentrations). There is also often some reduction in serum sodium and chloride concentrations, and hypokalemia become more marked with anorexia. With worsening disease, the animal becomes susceptible to translocation of bacteria or toxins through the damaged mucosa, the effects of hypoproteinemia, and circulatory shock. Signs of other organ systems are seen: camelids may develop ascites, hydrothorax, hydropericardium, pharyngeal edema, and cerebral edema, with ensuing abdominal distention, increased respiratory effort, lethargy, tachycardia, hypothermia, dysphagia, salivary

loss, and cerebral signs. Eventually, there is also clinicopathologic evidence of the systemic disease including azotemia, metabolic (usually lactic) acidosis, high liver enzymes, hyperbilirubinemia, and increases in fat fractions. Abdominocentesis usually yields a transudate. Abdominal imaging is also inconclusive: colicky camelids may have ileus and fluid-distended intestine, though usually to a lesser degree than camelids with GI obstruction. Thickened bowel walls are rare (<10% of cases). In some cases, signs are insidious, and the animal is simply found dead.

On postmortem examination, the gut, particularly the terminal jejunum and ileum, is occasional hemorrhagic or markedly edematous, and may have areas of mucosal hemorrhage, fibrinonecrotic pseudomembranes, or punctate white lesions, but is more commonly grossly non-remarkable. Histologically, lesions are most pronounced in the villi. There is mucosal loss and villus shortening. Immature and mature forms of the coccidia may be present. The submucosa is often filled with hemorrhagic or eosinophilic infiltrates. In severe cases, the mucosa is lost to the basement membrane.

There is a growing body of evidence, most of it from South America, that *E. macusaniensis* is an important facilitator for subsequent enterotoxemia. Many crias diagnosed as dying from enterotoxemia have been found to have extensive coccidial damage to their bowels, and herds that adopt aggressive anticoccidial strategies have experienced significant reductions in losses due to enterotoxemia. South American crias have been found to have fecal *E. macusaniensis* oocysts as young as 5 days of age. While these particular oocysts are just passing through, their presence indicates that crias of this age are likely also eating infective oocysts and suffering gut damage. Considering that most enterotoxemia deaths occur between this early ingestion period and the onset of patent infections (around 32 to 40 days later), the role of *E. macusaniensis* in these infections cannot be appreciated by fecal flotation alone.

The underappreciation of *E. macusaniensis* as a cause of neonatal illness and death stems from a couple of sources. Most infections in South America are mixed, and most crias become exposed soon after birth. Small coccidia have a fast life cycle, and most crias are passing oocysts by around 23 days of age, with earliest shedding by 15 days. Shedding increases until 40 to 50 days of age, then gradually tapers off. *E. macusaniensis* may also be present in those crias, but they will not shed oocysts for over a month, so if the cria gets sick or dies quickly, it may do so before identifiable *E. macusaniensis* oocysts are shed. Post mortem will reveal the cause, but fecal examination will not; there is South American evidence that this is important – crias dying with severe *E. macusaniensis* infestations, but fecals only positive for small coccidia (or *Clostridium*).

Detection can by another issue. Small *Eimeria* and *E. ivitaensis* oocyst appear to float readily in flotation solutions with a specific gravity of 1.18 (saturated saline, 33% $ZnSO^4$). *E. macusaniensis* requires denser solution (S.G. >1.025?). Sedimentation exams also work for *E. macusaniensis*, but are often not as good for small coccidia.

Combating coccidiosis can take many directions, and understanding the basic facts about it are important in determining the best one. One direction is to limit ingestion. Llamas and Alpacas outside of South America are often managed very differently than traditional herds, so some of the best practices are best determined here, and I will try to suggest some areas for future investigation. In North America, late pregnant females and later mother-cria pairs are often kept very separate from other older animals. This limits the contamination of the pasture when occupied by the young. They also tend not to leave animals on

pasture overnight, and provide supplemental hay in feeders. Paddock hygiene with intermittent collection of fecal balls is not uncommon. In contrast, on many traditional South American farms, age groups are not separated. Although the pasture may be large and cause animals to spread out, animals often concentrate on the bofedales, and are gathered in dirt paddocks with no supplemental hay overnight. These paddocks have often collected feces for long periods of time, and I do not know how frequently they are cleaned. Given the resilience of *Eimeria* oocysts, I think it is likely that oocysts persist from one rainy season to the next (when crias are born), and that ground contamination is high. This will take local investigation to determine. Crias are naturally curious and with nothing better to in the paddock overnight, it is easy to imagine that eating dirt and feces are fairly common. Removing feces intermittently, every 2-3 weeks for *E. macusaniensis,* especially in the drier season when the fecal pellets stay together and protect the oocysts, may be helpful in decreasing contamination. Providing forage in raised feeders may help as well, if feasible. We have clear evidence from the US that feeding off the ground increases risk.

The other big direction to limit disease is to decrease survival on the organism while in the gut. With coccidia, most of the damage occurs during the early stages of multiplication, so waiting until clinical signs appear allows for significant disease and damage to occur. I have seen fatalities from *E. macusaniensis* within 3 weeks of exposure, and it is likely that major damage can occur within the week before. Use of prophylactic anti-coccidial medications has not been thoroughly investigated, by would seem logical. South America offers the best place to test strategies. Treatment roughly two weeks after major exposure would seem to make sense. But has not been scientifically evaluated. How often such a treatment would be necessary is also unknown. Exposed, surviving crias should start to develop immunity, but the first two months of life appear particularly dangerous.

In addition to decreasing morbidity and mortality caused directly by the coccidia, there is some evidence that adequate coccidial control will also decrease other neonatal diseases, including enterotoxemia. The healthier the cria and the more intact its gut epithelium, the more likely it is to be able to avoid or fight off disease. Increased cria survival can provide significant benefits to everyone involved, and thus is an important goal.

Conclusions

Coccidiosis, particularly that caused by *E. macusaniensis* is well-known, but our full understanding of it is still growing. Different management systems in different parts of the world means that coccidiosis will present differently in different places, but the lessons learned in one area, may be of benefit to all. Thus, international exchanges of knowledge are important. Regarding *E. macusaniensis*, avoiding disease means avoiding ingestion of sporulated oocysts killing them before they do too much damage to the bowel. This paper outlines some possible strategies which may be of value in South America, but local testing is required.

Literature Cited:

Cebra CK et al: Eimeria macusaniensis infection in 15 llamas and 34 alpacas. J Am Vet Med Assoc 230(1):94-100, 2007.

Rosadio R et al: Eimeria macusaniensis associated lesions in neonate alpacas dying from enterotoxemia. Vet Parasitol 168(1-2):116-120, 2010.

Anccasi MM, Huayta EH: Infestacion parasitaria en alpacas desde el nacimiento al destete. Rev Invest Sobre CSA Allpak'a UNA, Puno, Perú 1:78-86, 1985.

Rickard LG, Bishop JK: Prevalence of Eimeria spp. (Apicomplexa: Eimeriidae) in Oregon llamas. J Protozool 35:335-336, 1988.

Guerrero CA: Coccidia (Protozoa: Eimeriidae) of the alpaca Lama pacos. J Protozool 14(4):613-616, 1967.

Palacios C et al: Eimeriosis en crias de alpacas: studio anátomo histopatológico. Rev Inv Vet Perú 15:174-178, 2004.

Guerrero CA et al: Eimeria macusaniensis n. sp. (Protozoa: Eimeriidae) of the Alpaca Lama pacos. J Protozoo 18:163-165, 1971.

Leguia G, Casa E: Eimeria ivitaensis n. sp. (Protozoa: Eimeriidae) en alpaca (Lama pacos). Revista Peruana de Parasitologia 13:59-61, 1998.

Schrey CF et al: Coccidia of the llama, *Lama glama*, in Colorado and Wyoming. Vet Parasitol 40(1-2):21-28, 1991.

Rohbeck S et al: Biology of Eimeria macusaniensis in llamas. In Gerken M, Renieri C: South American camelids research--Volume 1. The Netherlands, 2006, Wageningen Academic Publishers, pp 279-280.

Palacios CA et al: Eimeria macusaniensis and Eimeria ivitaensis co-infection in fatal cases of diarrhoea in young alpacas (Lama pacos) in Peru. Vet Rec 158(10):344-345, 2006.

Cebra CK, Stang BV: Comparison of methods to detect gastrointestinal parasites in llamas and alpacas. J Am Vet Med Assoc 232(5):733-741, 2008.

Prado ME, Ryman JT, Boileau MJ, Martin-Jimenez T, Meibohm B. Pharmacokinetics of ponazuril after oral administration to healthy llamas (*Lama glama*). Am J Vet Res. 2011 Oct;72(10):1386-9.

Thomas SM, Morgan ER. Effect on performance of weanling alpacas following treatments against gastro-intestinal parasites. Veterinary Parasitology. Volume 198, Issues 1–2, 15 November 2013, Pages 244-249

Frezzato G, Stelletta C, Pacheco Murillo CE, Simonato G, Cassini R. Parasitological survey to address major risk factors threatening alpacas in Andean extensive farms (Arequipa, Peru). J Vet Med Sci. 2020 Dec 5;82(11):1655-1661.

Dubey JP. Gametogony of Eimeria macusaniensis Guerrero, Hernandez, Bazalar and Alva, 1971 in llama (*Lama glama*). Parasitology. 2018 Oct;145(12):1540-1547.

Maria Pyziel-Serafin A, Raboszuk A, Klich D, Orłowska B, Sierociuk D, Anusz K. Two Centrifugal Flotation Techniques for Counting Gastrointestinal Parasite Eggs and Oocysts in Alpaca Faeces. J Vet Res. 2022 Jul 30;66(3):389-393.

Díaz P, Panadero R, López R, Cordero A, Pérez-Creo A, López CM, Fernández G, Díez-Baños P, Morrondo P. Prevalence and risk factors associated to Eimeria spp. infection in unweaned alpacas (Vicugna pacos) from Southern Peru. Acta Parasitol. 2016 Jan;61(1):74-8.

Gomez-Puerta LA, Carrasco J, Robles K, Vargas-Calla A, Cribillero NG, Arroyo G, Castillo H, Lopez-Urbina MT, Gonzalez AE. Coccidiosis in clinically asymptomatic alpaca (Vicugna pacos) crias from the Peruvian Andes. Parasitol Int. 2021 Dec;85:102438.

AVANCES DE LA ETIOPATOGÉNESIS DE NEUMONÍAS AGUDAS EN CRÍAS DE ALPACAS

Raúl H. Rosadio A, Luis Luna E., Dennis Carhuaricra H y Lenin Maturrano H.
Grupo de Investigaciones "Biotecnología aplicada a la conservación, sanidad y producción animal"
FMV, UNMSM.
rrosadioa@unmsm.edu.pe

Los reportes históricos (1971-1980) indican que las enfermedades infecciosas principalmente procesos entéricos y neumónicos repercuten negativamente en el desarrollo de la industria alpaquera. Estudios microbiológicos revelan que los procesos neumónicos en alpacas, de manera similar a bovinos y ovinos, son consecuencia de interacciones entre agentes primarios virales (Parainfluenza tipo 3 y Respiratorio Sincitial) predisponiendo a infecciones secundarias, predominantemente de *Pasteurella multocida*. Análisis preliminares de la *P. Multocida,* aislada de casos patológicos, evidencian tener una cápsula de Tipo A y componente lipopolisacárido (LPS) correspondiente al genotipo L6 (similares a cepas ovinas) y genes de virulencia como el gen *ToxA* (semejante a *P. Multocida* productor de rinitis necrótica del cerdo) y el gen *tbpA* (responsable del secuestro/adquisición de hierro) presentes en cepas productoras de neumonías (ovinos y bovinos) y hemorragia sistémica en bovinos. El análisis genómico de un aislado (cepa UNMSM) confirmaron la presencia de genes *ToxA*, *tbpA* y adicionalmente 9 genes conocidos y asociados a virulencia en cepas de Pasteurella. Paralelamente, el análisis in sílico de la hélice transmembrana bacterial permitieron identificar proteínas con señales peptídicas y detectar una asociada a péptido glucano denominada p6-like y codificada por gen de membrana externa 16 (*omp16*). El gen seleccionado como candidato vacunal, fue insertada en *Escherichia coli* y la proteína excretada y purificada indujo, in vitro, respuesta citocínicas en cultivos de células linfoides. La posterior inoculación experimental en alpacas jóvenes fue, local y sistémica, bien tolerada e indujo buenos niveles de IgG. La proteína p6 recombinante está siendo evaluada en 500 animales jóvenes (Tuis), esperando reducir neumonías fatales usualmente observadas post destete y/o primera esquila en una empresa de propiedad social en el departamento de Puno (PE501083631-2023-PROCIENCIA).

EL COMPLEJO ENTEROTOXEMICO NEONATAL EN ALPACAS ANDINAS

Raúl H. Rosadio A., David Pérez J., Luis Luna E. y Lenin Maturrano H.

Grupo de Investigaciones "Biotecnología aplicada a la conservación, sanidad y producción animal"
FMV, UNMSM.
rrosadioa@unmsm.edu.pe

La mortalidad descrita a procesos enerotoxemicos tienen un tremendo impacto en la industria alpaquera andina. Sin embargo, la etiopatogenesis de la enfermedad es todavía incierta. Análisis microbiológico y molecular de 307 cepas, aisladas de contenido de yeyuno e íleon, procedentes de 132 neonatos asociadas a fatalidades por enterotoxemia detectó un 93.5% (n=287) de estos aislados correspondieron a *Clostridium perfringens* del genotipo A (gen *cpa* de la toxin alfa) mientras que el 6.2% (n=19) fueron clasificados como genotipo A *cpb2*+ (genes *cpa* y el *cpb*2) y el único aislado fue identificado ser genotipo C poseyendo el gen *cpe* (enterotoxina). Estos resultados indican que las exotoxinas secretadas (alpha y beta2) por el *Clostridium perfringens* serían los posibles factores de virulencia en la enterotoxemia. Posteriormente, sobrenadantes de 24 aislados (12 formas vegetativas y 12 esporulados) fueron evaluadas para caracterizar la toxina alpha y analizar la producción de perfringolisina, actividad hemolítica, citotoxicidad (*in vitro*) y actividad enterotoxica (*in vivo*). La mayoría de los aislados vegetativos (n=8) fueron clasificados como mediana y alta producción de la toxina mientras que 11 de los 12 esporulados tuvieron baja producción. Las cepas de alta producción (n=5) evidenciaron efecto citotoxico en las células HEp2, expresaron las mayores actividades hemolíticas e indujeron acumulaciones de fluido inteastinal, pero no lesiones intestinales similares a enterotoxemia. Por otro lado, observaciones histopatológicas en 108 muestras intestinales de casos fatales de enterotoxemia revelaron (30.6% de los casos) enteritis necrótica y hemorrágicas severas y asociadas con presencia de abundantes formas immaduras de *Eimeria macusaniensis* afectando mucosa profunda y epitelio de las glándulas cripticas en yeyuno e ileum. Sugiriendo que la eimeriosis puede ser un factor predisponente y/o disparador para desarrollar casos diagnosticados como enterotoxemia.

HELMINTIASIS EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS DOMÉSTICOS Y SILVESTRES EN EL PERÚ: UN PROBLEMA DE ESTRATEGIA, RESISTENCIA E IMPACTO AMBIENTAL

HELMINTHIASIS IN DOMESTIC AND WILD SOUTH AMERICAN CAMELIDS IN PERU: A PROBLEM OF STRATEGY, RESISTANCE AND ENVIRONMENTAL IMPACT

Daniel Alexis Zárate Rendón[1*], Andrea M. Briones Montero[1], Mariana B. Loyola Ruiz[1], Inés Milagros Limaymanta Zavala[1], Flor Anita Corredor Arizapana[2]

[1]Laboratorio de Parasitología – Departamento Académico de Nutrición - Facultad de Zootecnia - Universidad Nacional Agraria La Molina.
[2]Estación Experimental Agraria (EEA) Santa Ana, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Huancayo, Junín, Perú
dazre@lamolina.edu.pe

Los Camélidos Sudamericanos (CSA), domésticos y silvestres constituyen recursos muy importantes para un considerable sector de nuestra población, contribuyendo significativamente a su economía. Dentro de los principales problemas sanitarios que afectan esta actividad pecuaria, los helmintos gastrointestinales constituyen uno de los de mayor impacto negativo. El control de estas parasitosis se basa en calendarios sanitarios de dosificación antiparasitaria, en su mayoría empíricos. El uso frecuente de estas drogas, ha provocado una alta selección genética en las poblaciones de parásitos incrementando notablemente la resistencia de dichos organismos frente a estos fármacos. La resistencia antihelmíntica es una seria amenaza para el manejo sostenible de los CSA. La situación en ganadería es dramática en todo el mundo, especialmente en nematodos gastrointestinales. Los resultados obtenidos en diversos trabajos de investigación realizados por el Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Zootecnia-UNALM han confirmado la existencia de casos de resistencia antihelmíntica en alpacas y llamas; y la sospecha de su aparición en vicuñas. Los denominados métodos alternativos de control antiparasitario son una opción para reducir el uso de drogas, pero su implementación requiere la caracterización epidemiológica de la enfermedad y su validación en condiciones de campo. El tratamiento estratégico selectivo es uno de los métodos más viables y prácticos, pero su implementación requiere aún mayor investigación. El uso masivo de antihelmínticos en vicuñas en silvestría o semicautiverio puede tener un impacto negativo en los ecosistemas altoandinos Este potencial problema debería ser una línea de investigación prioritaria debido a la amenaza ambiental que representa. En conclusión, la falla de los programas tradicionales de control antihelmíntico en CSA, principalmente farmacológicos, y la aparición de nuevos factores a considerar, tales como el cambio climático y la emergencia de resistencia antiparasitaria hacen necesario el desarrollo e implementación de estrategias más eficientes.

Palabras claves: Nematodos gastrointestinales, helmintiasis, resistencia antihelmíntica vicuñas, alpacas.

FIRST DESCRIPTION OF PSOROPTIC MANGE IN A HERD OF LLAMAS *(LAMA GLAMA)* OF THE ANDEAN REGION

Fabiana E. Sosa[1,2]*, Diego M. Medina[3], Juan F. Micheloud[2,3], Hugo M. Borsetti[5], Nancy Hernández[5,6], Leonhard Schnittger[2,4],Sandra R. Romero[1], Mónica Florin-Christensen [2,4]*

[1]Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Hornillos, Argentina.
[2]Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
[3]Área de Sanidad Animal, Instituto de Investigación animal del Chaco Semiárido (IIACS), Centro de Investigaciones Agropecuarias, INTA, Cerrillos, Salta, Argentina
[4]Instituto de Patobiología Veterinaria, Centro de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y Agronómicas, INTA-CONICET, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina
[5]Instituto de Estudios Celulares, Genéticos y Moleculares (ICeGeM), Universidad Nacional de Jujuy (UNJU), San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina
[6]Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA), CONICET-UNJU, San Salvador de Jujuy (4600), Jujuy, Argentina
*sosa.fabiana@inta.gob.ar

Different species of mange acari can parasitize South American camelids (SACs) with important negative impacts on their welfare, productivity, and even survival. Case reports are restricted to Sarcoptes scabiei infestations of wild SACs, vicuña and guanaco, in their natural habitat while, for the domestic SACs, llama and alpaca, the only available mange reports correspond to animals exported to extra-Andean countries. A mange surveillance campaign was carried out in the Puna and High Andes of Jujuy province, Argentina, in 2021 and 2022, in which 45 herds from small family productive units in Rinconada, Cochinoca and Yavi, with approximately 100 llamas each, were inspected. Llamas of both sexes and different ages were randomly chosen and clinically examined for mange-compatible lesions inside a pen. In a herd of Larcas, department of Yavi, 32 out of 55 examined animals (58 %) presented light, moderate, or severe unilateral or bilateral otitis, with erythema, hyperpigmentation, and inflammation, as well as partial alopecy and crustal lesions exclusively localized to the auricular pavilions. Samples were obtained from 4 representative individuals. Skin scrapings obtained with petroleum jelly were dispersed on microscopic slides and observed under light microscopy. Skin biopsies, fixed with formaldehyde, were included in paraffin, cut with a microtome and stained with hematoxylin-eosin. Genomic DNA was extracted from skin scrapings obtained without petroleum jelly and used as template for PCR-amplification of cytochrome oxidase 1 and cytochrome b gene fragments, followed by sequencing. Microscopic observation of skin scrapings revealed 0.5 to 0.7 mm-long acari that could be identified as Psoroptes sp. based on their morphology. This classification was confirmed by in silico analysis of the PCR amplicon sequences. Histology showed a typical allergic reaction with perivascular to periadnexal mixed inflammatory infiltrate. This report constitutes the first description of Psoroptes sp. infestation of llamas raised in their natural distribution area.

Keywords: *Lama glama*, psoroptic mange, skin disease, Psoroptes sp., mites.

FAUNA Y CARGA PARASITARIA EN CAMÉLIDOS DOMÉSTICOS CRIADOS AL PASTOREO EN LA ZONA ALTOANDINA DE PASCO

FAUNA AND PARASITIC LOAD IN GRAZING DOMESTIC CAMELIDS AT THE HIGHLAND RANGELANDS IN PASCO

Hernández-Huamaní, Angie [1]; Limaymanta-Zavala, Inés[2]; Hermosilla-Taipe Stefanny [1]; Loyola, Mariana[2]; Idalia Ramírez [1]; Mariana Pizango [1]; Nicole Huaman[1]; Zárate- Rendón, Daniel [2]

[1]Círculo de Investigación en Enfermedades Parasitarias, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
[2]Laboratorio de Parasitología, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
20181250@lamolina.edu.pe

La presencia de parásitos gastrointestinales representa un desafío constante en las explotaciones pecuarias. En los Camélidos Sudamericanos estas infecciones pueden resultar en pérdida de peso, anemia y deficiencia reproductiva, afectando negativamente la rentabilidad productiva. El objetivo del presente trabajo fue determinar la fauna y carga parasitaria en alpacas y llamas criadas al pastoreo en los distritos de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión y Simón Bolívar, Provincia de Pasco, Región Pasco. Se recolectaron muestras fecales, directamente del recto, de 160 alpacas del distrito Yanahuanca y 120 llamas en Simón Bolívar. Las muestras fueron depositadas en bolsas de polietileno y trasladadas en cajas isotérmicas de poliestireno expandido, en cadena de frío, al Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Zootecnia, UNALM. Se emplearon técnicas coprológicas de Flotación, en solución de sal y azúcar, y Mc Máster modificado para determinar la presencia y la cantidad de huevos/ooquistes por gramo de heces (hpg/opg). La parasitosis en alpaca fue de 94.2% (IC: 90.02-98.38%) y en llamas 94.2% (IC: 90.02-98.38). Las frecuencias de parásitos para alpacas y llamas fueron las siguientes: *Eimeria* spp. 82.5 % y 84.2%, huevos tipo *Strongylus* (HTS) 30% y 67.5%, *Trichuris sp.* 5% y 6.7%, *Capillaria* sp. 3.1% y 32.5%, *Lamanema chavezi* 5% y 25%, respectivamente. Hubo presencia de *Moniezia spp* 1.3% solo en alpacas. Con respecto a los valores de hpg/opg, en promedio, fueron de 73.3 y 26.3 hpg para HTS, 491.1 y 311.3 opg, en alpacas y llamas, respectivamente. Se concluye que las llamas presentan mayor diversidad y frecuencia de parásitos gastrointestinales que las alpacas. Además, las llamas tienen una alta incidencia de *Eimeria* spp y mayor carga parasitaria para HTS.

Palabras clave: Nematodos gastrointestinales, alpacas, llamas, carga parasitaria, Pasco

ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA DE CRÍAS DE ALPACA BAJO CRIANZA EXTENSIVA EN LOS ALTOS ANDES DE PERÚ

ANALYSIS OF ALPACA CRIA SURVIVAL UNDER EXTENSIVE MANAGEMENT CONDITIONS IN THE HIGH ELEVATIONS OF THE ANDES MOUNTAINS OF PERU

O.E. Gómez-Quispe[1]*, E.L. Rodríguez[1], R.M. Benites[1], S. Valenzuela[1], J. Moscoso-Muñoz[2], V. Ibañez[3], C.R. Youngs[4]

[1]Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Apurímac, Peru.
[2]Faculty of Agricultural Sciences, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Peru.
[3]Faculty of Statistical and Computer Engineering, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru.
[4]Department of Animal Science, Iowa State University, Ames, 50011 IA, USA.
ogomez@unamba.edu.pe

En la cordillera de los Andes, la crianza de alpacas es la principal actividad económica de muchas familias. Uno de los factores que afecta la viabilidad económica de esta actividad es la mortalidad de crías. El objetivo de esta investigación fue analizar los factores que influyen en la probabilidad de supervivencia de las crías de alpaca bajo condiciones de manejo en las altas elevaciones de los Andes en Perú. El estudio abarcó a 100 crías nacidas durante una temporada de parto normal que se controlaron desde el nacimiento hasta las 12 semanas de edad. El registro de la mortalidad de crías fue diario, mientras que el peso corporal y otras variables semanalmente. La supervivencia de crías se estimó utilizando la regresión de riesgo proporcional de Cox. Las crías que nunca mostraron signos clínicos de enfermedad tuvieron una mayor (P = 0.001) probabilidad de supervivencia (93,9 %) en comparación con crías con signos visibles de enfermedad (5,6 %). Y crías con un elevado peso de nacimiento (superior a 7,13 kg) tenían mayor probabilidad de supervivencia (P = 0,001) que los nacidos con moderado (80,6 %) o bajo peso (52,6 %). La supervivencia de las crías no se vio afectada por el sexo (P = 0,303) o el color del vellón (P = 0,361). Los factores más importantes que influyeron en la supervivencia de las crías fueron el estado de salud clínico (P < 0,001) y peso al nacer (P = 0,001). Estos resultados destacan la importancia del manejo de la salud de las crías durante las primeras seis semanas de vida. Una mayor vigilancia de las crías durante este periodo podría reducir la enfermedad clínica y mejorar la supervivencia de crías, mejorando así la rentabilidad de los productores de alpaca mediante la reducción de las pérdidas por la muerte de crías.

Palabras claves: Camélidos, salud, mortalidad, neonatología

CONDICIÓN DE LA MADRE SOBRE EL PESO AL NACIMIENTO HASTA LOS 90 DÍAS, CONCENTRACIÓN DE IGG , Y MORBIMORTALIDAD DE CRÍAS DE ALPACAS HUACAYA DE PUNA SECA

CONDITION OF THE MOTHER ON BIRTH WEIGHT UP TO 90 DAYS, IGG CONCENTRATION AND MORBIDITY AND MORTALITY OF HUACAYA ALPACA PUPS FROM DRY PUNA

Cárdenas, Oscar[1], Riquelme, Juan[2], Cordero, Aida[3]
[1]Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Perú
[2] Universidad Nacional del Altiplano Puno- Perú
[3]Universidad Nacional Agraria la Molina – Perú
corderoa@lamolina.edu.pe

El objetivo fue evaluar el efecto de la condición de la madre sobre el peso al nacimiento hasta los 90 días, la concentración de inmunoglobulinas y la presencia de enfermedades infecciosas en crías de alpaca, El estudio se realizó en la Unidad Experimental del Centro de Investigación y Producción Quimsachata del Instituto Nacional de Innovación Agraria Puno, de enero a marzo. Se trabajó con 50 crías de alpacas madres primerizas y 50 crías de madres multíparas, se evaluó la concentración de IgG calostral y séricas a las 24 horas post ingestión de calostro, la extracción del suero sanguíneo de la cría se realizó 24 horas después de haber consumido el calostro. La concentración de IgG se determinó mediante la prueba de inmunodifusión radial y la presencia de enfermedades infecciosas según la evaluación diaria de animales y los registros. La concentración de IgG calostrales en madres primerizas fue de 21148.30 mg/dl y en madres multíparas de 21528.74 mg/dl; mientras que las IgG séricas de crías de madres primerizas fue 2670.53 mg/dl y en crías de madres multíparas de 3167.05 mg/dL ($p \geq 0.05$). La presentación de diarrea en crías de madres primerizas fue 8% mientras que en crías de madres multíparas fue de 14%. En el grupo de las crías de madres primerizas se observó el 6% de mortalidad, una cría con diarrea neonatal y dos crías con neumonía y para el grupo de crías de madres multíparas se obtuvo el 2% de mortalidad por diarrea neonatal. La concentración de IgG calostrales y séricas de crías de madres multíparas fueron ligeramente superiores a las crías de madres primerizas, las crías de madres multíparas tuvieron mayor morbilidad y las crías de madres primerizas presentaron mayor mortalidad.

EJE TEMÁTICO IV:
REPRODUCCIÓN ANIMAL

EMBRYO PRESERVATION IN SOUTH AMERICAN CAMELIDS

Curtis R. Youngs[1*], Marlene Miguel Gonzales[2], and Daniel Ponce Salazar[2]
[1] Animal Science Department, Iowa State University, Ames, Iowa, USA
[2] Fundo Sorani, Azángaro, Puno, Perú
cryoungs@iastate.edu

Abstract

The ability to cryopreserve preimplantation embryos obtained from high genetic value donor females revolutionized the bovine embryo transfer industry. Unfortunately, the technology to preserve preimplantation embryos from South American Camelids (SAC) lags far behind that of cattle. Successful short-term (≤ 24 hours) preservation of SAC embryos at refrigeration temperatures (4-5°C) has been achieved with llamas but not yet with alpacas. Successful preservation of SAC embryos for long-term (>24 hours) storage in liquid nitrogen has been achieved with both llamas and alpacas. For more than a decade, our research group has conducted a series of small-scale experiments attempting to develop a successful and repeatable method for cryopreservation of SAC preimplantation embryos via slow freezing or vitrification. We report herein a vitrification method that has led to the birth of a live alpaca cria in the U.S., as well as to establishment of multiple pregnancies in both alpacas and llamas in the highlands of Perú. Additional refinement of this method, however, is needed to increase pregnancy rate, reduce pregnancy loss, and increase the number of live births.

Keywords: vitrification, alpacas, llamas, blastocyst

Introduction

Genetic improvement of livestock is of paramount importance to the attainment of global food security. With more than 10 billion people expected to inhabit planet Earth by the year 2050, it is critical that food production systems be enhanced in a manner that not only substantially increases food production but also addresses the three pillars of sustainability (environmental sustainability [planet], social sustainability [people], and economic sustainability [profit]) while doing so.

Agricultural biotechnologies that were developed and implemented over the past half century bolstered the overall production of both plant- and animal-source foods, as well as drastically improved the efficiency of production of those foods. The increased production of food and fiber from many livestock species has been dramatically aided by two major reproductive biotechnologies – artificial insemination and embryo transfer. Artificial insemination enables high-productivity males to sire more offspring than would be possible through conventional mating, whereas embryo transfer enables high-productivity females to produce more offspring than would be possible through conventional breeding approaches. Artificial insemination is arguably the most widely utilized animal biotechnology and is well refined in many species; however, tremendous opportunity exists to enhance embryo transfer technologies in nearly all livestock species.

Embryo transfer is not a new technology. The first successful mammalian embryo transfer occurred with rabbits in 1890 (Heape, 1891). Nearly half a century passed before the production of live offspring from the transfer of sheep and goat embryos in the mid 1930s (Warwick and Berry, 1949). Fifteen years thereafter, the birth of live offspring from the transfer of pig (Kvasnitski, 1950) and cattle embryos (Willett et al., 1951) was reported. With respect to embryo transfer in South American Camelids (SAC), more than two decades passed before the birth of an alpaca embryo transfer offspring (Sumar and Franco, 1974). Yet another decade passed before the first successful llama embryo transfer was reported (Wiepz and Chapman, 1985).

Unlike the situation with cattle where more than 60% of in vivo derived embryos are cryopreserved prior to transfer (Viana, 2023), routine methods for the cryopreservation of SAC embryos have not yet been firmly established. This lack of methodology for routine cryopreservation of SAC embryos hinders movement of germplasm resources and also serves as an impediment to genetic improvement. The objective of this article is to review the current status of preservation of SAC preimplantation embryos. Please note that this article will not address research on preservation of oocytes from SAC, nor will it address oocyte and embryo preservation research with old world camels.

Short-term preservation of South American Camelid embryos

The ability to transport SAC embryos from the site where they are collected to the site where they are transferred would be highly advantageous. For short distances between the collection and transfer sites, it may be possible to maintain viability of embryos during transport via a short-term (≤ 24 hours) reduction of temperature which would slow embryo metabolism and theoretically enable the embryo to be kept in a microenvironment that is less than ideal. Successful storage of embryos at refrigeration temperatures (4-5°C) have been reported in llamas, but not yet in alpacas.

Initial evidence that llama hatched blastocysts could survive storage at 4°C was provided by von Baer *et al.* (2002). After chilling for 12 hours, cooled embryos were cultured for 48 hours prior to transfer. One pregnancy was detected ultrasonographically at Day 45 that resulted from the transfer of three refrigerated embryos (33% pregnancy rate). A live birth from that pregnancy, however, was not reported.

Horteloup (2012) held llama embryos for 18 hours at 4°C in EquiPro® medium in an Equitainer® device designed for cooling, storage and transport of equine semen. After transfer of cooled embryos, pregnancy was detected via transrectal palpation and ultrasonography. Results showed a 40% pregnancy rate at 21 days (8/20 embryos) and a 30% pregnancy rate at 45 days (6/20 embryos). No live births, however, were reported from this study.

The first birth after transfer of a cooled llama embryo was reported by Aller *et al.* (2015). Fourteen excellent quality hatched blastocysts (400-600 µm in diameter) were placed into TCM-199 HEPES-buffered medium augmented with 10% (v/v) cow serum and antibiotic (name and concentration not given), cooled at a rate of 0.5°C/min to 5°C, and held in sterile test tubes for 24 hours at 5°C. Embryos were warmed to 38°C, washed, and transferred non-surgically to the left uterine horn. A pregnancy rate of 21.5% was reported (3/14 embryos), and 3 male calves were subsequently born at an average gestation length of 363 days. Nearly a decade later, Zampini *et al.* (2023) reported one live birth from the transfer of 7 llama embryos held for 24 hours at 5°C (14.2% live birth rate).

Collectively, these four studies provide evidence that short-term (≤ 24 hours) storage of llama preimplantation embryos can be achieved. Despite these successes, however, additional research is

needed to improve the pregnancy and birth rate from cooled embryos. For example, studies on embryo metabolism could point to a specific biochemical composition of the storage medium that could enhance success. In addition, studies with alpaca preimplantation embryos are needed.

Long-term preservation of South American Camelid embryos

Preservation of SAC embryos for a time period exceeding 24 hours (i.e., long-term) necessitates use of one of two different cryopreservation techniques – either slow freezing or vitrification (Youngs *et al.*, 2010). Both of these embryo cryopreservation methods begin with an initial dehydration step to remove a substantial portion of osmotically free intracellular water from the cells comprising the embryo. Thereafter, the slow freezing method (as the name implies) involves a slow and continual dehydration of embryonic cells during the cooling process. The vitrification method, on the other hand, is an ultra-rapid cooling method that transitions osmotically free water in the embryonic cells from a liquid state to a solid state without the formation of intracellular ice crystals (which can be lethal to the embryo).

Embryos that have undergone cryopreservation can be stored for decades in liquid nitrogen at -196°C, and then thawed (for slow frozen embryos) or warmed (for vitrified embryos) prior to transfer to recipients. Long-term preservation provides maximum flexibility in the timing of when embryos are subsequently transferred. In addition, embryo cryopreservation provides opportunities for transport of embryos to different locales and for the creation of an embryo cryobank for preservation of valuable animal genetic resources and maintenance of biodiversity.

Llama embryo cryopreservation

Some of the earliest research on the possibility of llama embryo cryopreservation was reported by Palasz *et al.* (2002). These researchers investigated osmotic behavior of llama trophoblastic vesicles (formed from embryonic trophoblast cells generated from pieces of Day 13 embryos) that were exposed to a 10% solution of either ethylene glycol (EG), propylene glycol (PG) or glycerol (GLYC). This research team subsequently evaluated slow freezing of llama hatched blastocysts exposed to a 5% or 10% concentration of either EG or PG. Embryos frozen in 5% or 10% EG re-expanded 6 and 12 hours after thawing. However, no embryo transfers were conducted to assess post-thaw embryo viability *in vivo*.

One of the first studies on vitrification of llama hatched blastocysts was that of von Baer *et al.* (2002) who investigated two methods for vitricant introduction (based on 40% EG) and two methods of post-warming vitricant removal (based on 0.25 M sucrose [SUCR]). Two vitrified-warmed embryos were transferred, but no pregnancies were obtained.

A comparison of slow freezing versus vitrification of llama hatched blastocysts was reported by Lattanzi et al. (2002). Embryos slow frozen in 1.5 M EG in TCM-199 medium was compared with embryos vitrified in 30% EG in PBS medium (both media were supplemented with 20% fetal bovine serum [FBS]). Post-thaw viability, assessed after 48 hours of *in vitro* culture, was not different between slow freezing (57%) and vitrification (54%). No embryos were transferred, however, for an *in vivo* assessment of embryo viability.

Aller *et al.* (2002a, 2002b) were the first to report pregnancies after the transfer of vitrified-warmed llama hatched blastocysts. Vitricants were introduced in a 3-step process at room temperature, and the final vitrification solution (VS) consisted of 25% GLYC, 20% EG, 0.3 M SUCR, 0.375 M glucose, and 3% polyethylene glycol (PEG) in phosphate buffered saline (PBS) augmented with 20% heat-inactivated

bovine serum. Vitricants were removed in a 2-step process (5 min per step) at 20°C in PBS containing 20% bovine serum and 0.5 M (1st step) or 0.25 M SUCR (2nd step). After a 2-hour post-warming *in vitro* culture period, two embryos were transferred non-surgically to the left uterine horn. Pregnancy was confirmed in two of four recipients (50% pregnancy rate) at 68 days post-transfer. However, no live births were reported.

Taylor *et al.* (2006) used an innovative approach for vitrification of llama hatched blastocysts greater than 500 µm in diameter. Using a novel coaxial cryoprotectant microinjection system (initially called the "Dracula Pipette" and later named the "Embryo Cradle"), embryos were placed into an equilibration solution (ES) consisting of 15% GLYC, 10% 1,3-butanediol, 1% PEG, 0.5 M SUCR and 20% FBS in ViGro Holding Medium. Embryos were subsequently hyperinflated by introduction of the ES into the blastocoele cavity (to expose inner cell mass cells to the VS from inside and outside), and afterwards blastocoele cavity fluid was removed by using the Embryo Cradle. Embryos remained in ES for 8 min prior to vitrification using the procedure of Aller *et al.* (2002a, 2002b), and vitrified embryos were stored for 60 days in 0.25 ml straws. After warming, half of the embryos served as controls and the other half were inflated post-warming to normal volume by injection of 0.3 M SUCR in ViGro Holding Plus medium using the Embryo Cradle. Twenty-four days after transfer, ultrasonographic pregnancy testing was performed. The one recipient receiving a single control embryo was not pregnant, but two of two recipients receiving hyperinflated/re-inflated embryos were pregnant (100% pregnancy rate; 67% embryo survival rate). Pregnancies were reported as ongoing at 60 days and 210 days, but sufficient time had not passed for recipients to complete gestation at the time of publication. Although a live birth from this research was not reported in the scientific literature, the senior author of this paper was introduced to the world's first llama cria produced by a vitrified-warmed embryo (named "Helada" - meaning "frost" in Spanish) at the farm where this research was conducted.

Vásquez *et al.* (2011) compared slow freezing with vitrification for the cryopreservation of llama hatched blastocysts (N.B., this work emanated from the thesis of Vásquez [2008]). For slow freezing, embryos were equilibrated in 1.5 M EG in PBS plus 10% fetal calf serum (FCS) and 50 µg/ml gentamicin sulfate. Embryos were cooled from 26°C to 5°C over a three-hour period (0.13°C/min cooling rate), and then cooled from 5°C to -20°C over 5 minutes (0.083°C/min cooling rate) before plunging into liquid nitrogen. Embryos were thawed by holding in air for 10 sec, placing into a 37°C water bath for 1 min, and exposing to 0.25 M SUCR and 0.125 M SUCR for 5 min each. For vitrification, embryos were equilibrated for 5 min at 25°C in a solution consisting of 5% GLYC, 5% EG, 0.2 M SUCR, 10% FBS, and 50 µm/ml gentamicin sulfate. The VS was comprised of 20% GLYC, 20% EG, 0.5 M SUCR, 10% FBS, and 50 µm/ml gentamicin sulfate. Warming was done after a 10-sec exposure to ambient air, 1 min at 37°C, and 5 min each in 0.5 M SUCR and 0.2 M SUCR. Ultrasonographic pregnancy testing at 14-24 days post-transfer revealed that 0/11(0%) frozen-thawed embryos established a pregnancy, whereas 2/12 vitrified-warmed embryos (16.6%) created a pregnancy. No live births, however, were reported.

Quispe (2018) evaluated the *in vitro* survival of llama embryos cryopreserved by slow freezing. Using a commercial embryo freezing medium devised for cattle and containing 1.5 M EG, 19 of 24 embryos survived freezing and thawing. No embryo transfers were done.

Alpaca embryo cryopreservation

Vásquez *et al.* (2007a, 2007b) were among the first to report investigations on the cryopreservation of alpaca preimplantation embryos. Using the method of Aller *et al.* (2002b), nine blastocysts obtained

from two donors were vitrified and warmed. Eight good quality embryos were transferred individually to recipients, but no pregnancies were detected via ultrasonographic pregnancy testing at 30 days post-transfer.

Vivanco-Mackie *et al.* (2015) were the first to describe results from slow freezing of alpaca embryos (alongside vitrification). Two of 10 frozen-thawed embryos transferred laparoscopically to recipients resulted in pregnancies at 3 weeks post-mating (20% pregnancy rate); however, only one pregnancy remained at 9 weeks post-mating and none remained at 11 weeks. Two of 13 vitrified-warmed embryos transferred non-surgically to recipients gave rise to pregnancies at 3 weeks post-mating (15.3% pregnancy rate), but both pregnancies were lost before 9 weeks.

Paredes *et al.* (2015) compared 1.5 M EG with 1.0 M dimethylysulfoxide (DMSO) for the slow freezing of alpaca embryos (N.B., this work emanated from the thesis of Paredes Ccaso [2014]). Embryos were equilibrated in their respective cryoprotectant agents (CPA) for 10 minutes, after which time they were loaded into 0.25 ml straws and placed into an embryo freezing machine at -7°C. Seeding was initiated after one minute, and after a 10-min hold embryos were slow cooled at a rate of 0.5°C/min to -33°C. At thawing, embryos were held in air for 8 sec, placed into a 32°C water bath for 120 sec, and then expelled for 5 min into a 0.2 M SUCR solution supplemented with 10% fetal calf serum (FCS). Embryos were transferred individually into the left uterine horn of recipients, and pregnancy was detected 30-60 days post-transfer. Three of 8 embryos frozen in DMSO yielded a pregnancy (37.5% pregnancy rate), whereas 7 of 12 recipients that received embryos cryopreserved in EG were pregnant. No live births, however, were reported from this work.

Cassa Salas (2018) investigated vitrification of alpaca hatched blastocysts using solutions containing xylose. The equilibration solution (ES) consisted of 5 ml GLYC, 1.71 g SUCR, 0.75 g xylose, 20 ml FBS and 2 ml gentamicin (concentrated not stated), and embryos were placed in ES for 5 min at 28°C. The first vitrification solution (VS) was comprised of 5 ml GLYC, 5 ml EG, 3.42 g SUCR, 1.50 g xylose, 20 ml FBS, and 1 ml gentamicin. Embryos were exposed to VS1 for 5 min. VS2 consisted of 1.5 ml GLYC, 10 ml EG, 5.13 M SUCR, 2.25 g xylose, 20 ml FBS, and 1 ml gentamicin; embryos were exposed to VS2 for 1 min before placement into a 0.25 ml straw and plunging into liquid nitrogen (LN2). Three of five excellent quality vitrified-warmed embryos transferred into llama recipients became pregnant (60% pregnancy rate), but no live births were reported.

On November 13, 2019 the world's first alpaca cria produced from transfer of a vitrified-warmed embryo was born (Lutz *et al.*, 2020b) from the same pregnancy reported earlier (Lutz *et al.*, 2020a). The three-step vitrification protocol involved exposing embryos to VS at 20°C. Embryo were placed in 500 µl of VS1 for 5 min, 500 µl of VS2 for 5 min, and two 5-µl drops of VS for 20 sec and ≤ 20 sec, respectively, before loading into an open-pulled straw (OPS) and plunging into LN2. VS1 consisted of 1.4 M GLYC; VS2 was comprised of 1.4 M GLYC plus 3.6 M EG; VS3 consisted of 3.4 M GLYC plus 4.6 M EG. At warming, embryos were placed quickly into the first warming solution (WS1) of 0.5 M galactose (GAL) at 37°C for 1 min and then into WS2 (0.25 M GAL) at 20°C for 5 min. Four vitrified-warmed hatched blastocysts obtained from non-superovulated donors were transferred to three recipients, and the embryo that grew the most during the post-warming culture period (20-22 hours) resulted in the only pregnancy and subsequent live birth.

Huanca *et al.* (2021) performed an *in vitro* assessment of post-warming viability of alpaca vitrified-warmed embryos. Embryos were placed into two sequential ES (ES1: 7.5% EG + 0.25 M SUCR for 1 min; ES2: 15% EG + 0.5 M SUCR for 2 min) before exposure to one of two VS (VSa: 30% EG + 1.0 M SUCR; VSb: 30% EG + 3% GLYC + 1.0 M SUCR). Vitrified embryos were loaded into OPS and stored in LN2

until warming. Warming consisted of a 5-sec exposure to ambient air, warming at 37°C for 50 sec, 5 min in 1.0 M SUCR at 37°C, and 1 min in 0.5 M SUCR at room temperature (24°C). Results revealed that embryos vitrified in VSa had an 81.3% expansion rate and 62.5% of embryos were quality grade 1 or 2 which was better than the 58.8% expansion rate and 29.1% quality grade 1& 2 rate obtained from embryos vitrified in VSb.

Conclusions/Future Directions

As reported elsewhere during this conference, we have cryopreserved llama and alpaca embryos using the method of the Lutz *et al.* (2020b). A number of pregnancies have been produced, including one llama pregnancy that has persisted to 90 days of gestation – a first for Perú. We will continue to refine our methodology, including evaluation of other vitricants, with hopes of developing a robust method that produces high pregnancy and birth rates in a consistent and predictable manner.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the technical assistance of W.H. Vivanco-Mackie and funding obtained from the Michell Group, ME Ensminger Endowment at Iowa State University, Cas-Cad-Nac Farms, Highline Trail Llamas, and the Morris Animal Foundation. This is a contribution to USDA multi-state research project W-4171 "Germ Cell and Embryo Development and Manipulation for the Improvement of Livestock".

Literature Cited

Aller, J. F., Cancino, A. K., Rebuffi, G. E., & Alberio, R. H. (2002a). Transferencia de embriones vitrificados de llama (*Lama glama*) en el altiplano argentino. Veterinaria Argentina. 19,363-386.

Aller, JF; Rebuffi, GE; Cancino, AK; Alberio, RH. (2002b). Successful transfer of vitrified llama (*Lama glama*) embryos. Anim. Reprod. Sci. 73 (1/2), 121-127. https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00120-3

Aller, J. F., Abalos, M. C., Acuña, F., Virgili, R., Requena, F., & Cancino, A. K. (2015). Birth of live llama (*Lama glama*) derived from embryo transfer storage at 5°C for 24h. Small Rumin. Res. 132, 99-102, 10.1016/j.smallrumres.2015.10.007

Cassa Salas, A. (2018). Vitrificación y calidad de embriones de alpaca (Vicugna pacos) recuperados por superovulación utilizando la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG). Tesis para optar el título professional de Médico Veterinaria y Zootecnista, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú. Accessed June 12, 2024. http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/632

Heape, W. (1891). Preliminary note on the transplantation and growth of mammalian ova within a uterine foster-mother. Proc. R. Soc. London. 48,457–458. https://doi.org/10.1098/rspl.1890.0053

Horteloup, M. P. (2012). Effect of holding temperature on pregnancy rate of llama embryos. Proc. International Congress of Animal Reproduction (ICAR), Satellite Meeting on Camelid Reproduction. p. 100-103. https://icarcamelidsatellite.com/wp-content/uploads/2022/05/ICAR2012CamelidSatelliteMeetingProceedingsComplete.pdf

Huanca, W., Marin, G., Cordero, A., Uchuari, M., & Huanca, W. F. (2021). Evaluation in vitro of two protocols of vitrification from alpaca (Vicugna pacos) embryos. Reproduction, Fertility and Development. 33(2), 121 (abstr.). https://doi.org/10.1071/RDv33n2Ab28

Kvasnitski, A. V. (1950). The research on interbreed ova transfer in pigs (titled translated from Ukrainian). Socialist Livestock Breeding Journal. pp. 12-15 as cited in Youngs, C.R. (2001). Factors influencing the success of embryo transfer in the pig. Theriogenology. 56(8), 1311-1320. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00632-X.

Lattanzi, M., Santos, C., Chaves, G., Miragaya, M., Capdevielle, E., Judith, E., Aguero, A., & Baranao, L. (2002). Cryopreservation of llama (*Lama glama*) embryos by slow freezing and vitrification. Theriogenology. 57(1), 585 (abstr.). https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X01006768/pdfft?md5=2852c802125c7ba894ac271a57d17913&pid=1-s2.0-S0093691X01006768-mainext.pdf

Lutz, J. C., Johnson, S. L., Dupree, K. J., Taylor, P. J., Vivanco-Mackie, W. H., Ponce-Salazar, M. D., Miguel-Gonzales, M., & Youngs, C. R. (2020a). Pregnancy from a vitrified-warmed alpaca preimplantation embryo. Reprod. Fertil. Dev. 32(2):128. https://doi.org/10.1071/RDv32n2Ab7

Lutz, J. C., Johnson, S. L., Duprey, K. J., Taylor, P. J., Vivanco, H. W., Salazar, D. P. Gonzales, M. M., & Youngs, C. R. (2020b). Birth of a live cria after transfer of a vitrified-warmed alpaca (Vicugna pacos) preimplantation embryo. Frontiers in Veterinary Science. 7, 581877, https://doi.org/10.3389/fvets.2020.581877

Palasz, A. T., Adams, G. P., Brogliatti, G. M., & Mapletoft, R. J. (2000). Effect of day of collection and of permeating cryoprotectants on llama (*Lama glama*) embryos and trophoblastic vesicles. Theriogenology. 53(1), 341 (abstr.). https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X99002538/pdfft?md5=92b051b6701a958d14c8d435701808f5&pid=1-s2.0-S0093691X99002538-main.pdf

Paredes, A., Deza, H., Perez, U. H., & Pérez, M. G. (2015). Viabilidad in vitro e in vivo de embriones de alpaca congeldaos/descongelados en dos agentes crioprotectores. [Viability in vitro and in vivo of frozen/thawed alpaca embryos in two cryoprotectants agents]. Spermova. 5(1), 115-118. http://dx.doi.org/10.18548/aspe/0002.26

Paredes Ccaso, A. F. 2014. Efecto de la congelacion en la sobrevivencia y viabilidad de embrionoes de alpaca. Tesis para optar el título professional de Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano, Punio, Perú. Accessed June 12, 2024. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2459

Quispe, N. M. Q. (2018). Efecto de la congelación sobre la viabilidad de embriones en llamas. Thesis para obtener el título professional de Médico Veterinaria, Universidad Nacional de San Cristóbal Huamanga. Accessed June 12, 2024. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstreams/00913bd1-908b-4544-97ca-78913aead6c4/download

Sumar, J., & Franco, E. (1974). Ensayos de Transferencia de Embriones en Alpacas. In: Informe Final IVITA-La Raya. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. As cited in: Sumar, J.B. (2013). Embryo transfer in domestic South American camelids. Animal Reproduction Science. 136(3), 170– 177. http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.10.029

Taylor, P., Taylor, S., Sansinena, M, & Godke, R. A. (2006). Llama (*Lama glama*) pregnancies from vitrified/warmed blastocysts using a novel coaxial cryoprotectant microinjection system. Reproduction, Fertility and Development. 18(2), 164 (abstr.). https://doi.org/10.1071/RDv18n2Ab112

Vásquez, M. E., Cervantes, M., Cordero, A., Cardenas, O., Huanca, T., & Huanca, W. (2007a). Vitrificacion de embriones de alpacas: Estudio Preliminar. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 15 (Suppl. 1), 349–357.

Vásquez, M. E., Cervantes, M., Cordero, A., Cardenas, O., Huanca, T., & Huanca, W. (2007b). Vitrificacion de embriones de alpacas: Estudio Preliminar. Proc. XXX Reunión APPA – Cusco, Perú. 8 pages, https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/2299/1/V%c3%a1squez_et-al_2007_embriones_alpaca_.pdf

Vásquez, M. E., Cueva, S., Cordero, A., Gonzales, M. L., & Huanca, W. (2011). Evaluación de dos métodos de criopreservación de embriones de llama sobre la tasa de supervivencia "in vivo" e "in vitro". Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 22(3), 190–198. https://doi.org/10.15381/rivep.v22i3.257

Vásquez Eslava, M. E. (2008). Evaluación de dos métodos de criopreservación de embriones sobre las tasas de sobrevivencia in vitro y preñez en llamas. Tesis par optar el grado académico de Magíster en Producción y Reproducción Animal. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Accessed June 12, 2024. https://hdl.handle.net/20.500.12390/2141.

Viana, J. H. M. (2023). 2022 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. Embryo Technology Newsletter. 41(4), 20-38. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.iets.org/Portals/0/Documents/Public/Committees/DRC/IETS_Data_Retrieval_Report_2022.pdf

Vivanco-Mackie, H. W., Salazar, M. D. P., Miguel, M., Youngs, C., & Asparrin, M. (2015). Embryo survival to calving according to type of embryo and embryo transfer method in alpacas. Reproduction, Fertility and Development. 27(1), 173 (abstr.). https://doi.org/10.1071/RDv27n1Ab164

von Baer, A., Del Campo, M. R., Donoso, X., Toro, F., von Baer, L., Montecinos, S., Rodriguez-Martinez, H., & Palasz, A. T. (2002) Vitrification and cold storage of llama (*Lama glama*) hatched blastocysts. Theriogenology. 57(1), 489(abstr.). https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X01006768/pdfft?md5=2852c802125c7ba894ac271a57d17913&pid=1-s2.0-S0093691X01006768-mainext.pdf

Warwick, B. L., & Berry, R. O. (1949). Inter-generic and intra-specific embryo transfers in sheep and goats. J. Hered. 40(11), 297-303. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a105963.

Wiepz, D. W., & Chapman, R.J. (1985). Non-surgical embryo transfer and live birth in a llama. Theriogenology. 24(2), 251–257. https://doi.org/10.1016/0093-691X(85)90189-X

Willett, E. L., Black, W. G., Casida, L. E., Stone, W.H., & Buckner, P. J. (1951). Successful transplantation of a fertilized bovine ovum. Science. 113(2931), 247. https://doi.org/10.1126/science.113.2931.247.a

Youngs, C. R., Leibo, S. P., & Godke, R. A. (2010). Embryo cryopreservation in domestic mammalian livestock species. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. 5(60), 11 pages. https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20105060.

Zampini, E. G., Veiga, M. F., Arraztoa, C. C., Gallelli, M. F., Moncalvo, E., Gambarotta, M. C., Neild, D. M., Miragaya, M. H., & Trasorras, V.L. (2023). Transfer of cooled llama embryos obtained from synchronized females. Emerging Animal Species. 9, 100034. https://doi.org/10.1016/j.eas.2023.100034

PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

IN VITRO PRODUCTION OF EMBRYOS IN SOUTH AMERICAN CAMELIDS AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF HUANCAVELICA

Jaime Antonio Ruiz Béjar

[1] Laboratorio de Biotecnologías Reproductivas. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
jaime.ruiz@unh.edu.pe

Resumen

En el laboratorio de Biotecnologías Reproductivas de la Universidad Nacional de Huancavelica se han producido embriones por activación química (AQ) y por fecundación in vitro (FIV). Para los embriones producidos por AQ se han realizado diversos estudios con ovocitos de alpacas, que han permitido establecer el protocolo óptimo para activar ovocitos utilizando Ionomicina de Ca, DMAP y Citocalasina B, asimismo se encontró que se puede usar el etanol en forma alternativa para la AQ de ovocitos de alpaca y de llama, también hemos utilizado la AQ para evaluar la viabilidad post-descongelamiento y el desarrollo embrionario de ovocitos de alpaca desvitrificados y activados químicamente. Con respecto a la FIV, utilizamos el método de swin up en vez de la gradiente de Percoll para la separación y selección de espermatozoides de alpaca y llama. Determinamos que 24 a 26 horas son suficientes para madurar ovocitos de alpaca y de 36 a 42 horas para los ovocitos de llama. Hemos logrado las primeras gestaciones en alpacas y llamas con embriones FIV y el nacimiento por vez primera de una llama FIV. Posteriormente hemos encontrado que el co-cultivo de embriones de alpaca con fibroblastos de oreja, células fetales y células del oviducto se obtienen mejores tasas de desarrollo embrionario y que el suero fetal de alpaca es mejor que el suero fetal bovino para la maduración de ovocitos de alpaca. Recientemente hemos reportado la competencia de desarrollo embrionario de ovocitos recuperados de alpacas vivas por aspiración folicular, encontrando mejores tasas de desarrollo embrionario con ovocitos de alpaca recuperados por aspiración folicular que de aquellos recuperados por ovarios obtenidos post mortem, representando el primer reporte de desarrollo embrionario *in vitro,* usando ovocitos recuperados por aspiración folicular en alpacas vivas.

Activación química

En Camélidos Sudamericanos existen reportes sobre el uso de la activación química para la producción de embriones partenogenéticos, embriones producidos por transferencia nuclear o embriones producidos por ICSI. En llamas, se ha utilizado la Ionomicina de calcio (Sansinena et al 2003, 2007; Conde et al 2008) como fuente para elevar la concentración de calcio intracelular, combinado con el cicloheximide (Sansinena et al 2003) o 6-DMAP (Conde et al 2008; Sansinena et al 2007) como fuentes para inactivar el Factor Promotor de la Maduración (FPM) y reiniciar la meiosis. Existen diferencias en la concentración y el tiempo utilizados para la exposición de los ovocitos a la ionomicina de calcio en los autores citados. Sansinena

et al., (2003) expusieron los ovocitos enucleados e inyectados con fibroblastos de llama (transferencia nuclear) por 5 minutos en Ionomicina de Ca 5 mM a diferencia de Conde et al., (2008) que expusieron ovocitos inyectados con espermatozoides (ICSI) por 10 minutos en 0.5 µM de Ionomicina de Ca. Los embriones producidos por Conde et al., (2008) desarrollaron hasta el estadio de blastocisto en cambio los embriones producidos por Sansinena et al., (2003) solo uno llegó hasta mórula y 10 hasta el estadio de 8-16 células. Por otro lado, Sansinena et al., (2007) expusieron embriones producidos por ICSI durante 5 minutos en 7 µM de Ionomicina de calcio y obtuvieron 63% de segmentación y 38% de embriones de 4-8 células. Los resultados pueden explicarse por las diferentes técnicas de micromanipulación utilizadas para la producción de embriones ICSI y transferencia nuclear o a las sustancias químicas utilizadas para la activación en diferentes concentraciones o en diferentes tiempos de exposición.

En el laboratorio de Biotecnologías Reproductivas de la Universidad Nacional de Huancavelica (Ruiz et al 2007, 2015), se han realizado diferentes trabajos de activación química, siendo pioneros en la aplicación de esta técnica en alpacas y llamas. Los ovocitos de alpaca y llama fueron expuestos por 5 minutos a 5 µM de Ionomicina de Ca y después cultivados en SOF-IVC (fluido de oviducto sintético para cultivo *in vitro*) adicionado de 2 mM de 6-DMAP y 12,5 µM de Citocalasina B por 3 horas. Las tasas de desarrollo embrionario fueron similares para embriones de alpaca y llama activados químicamente. Por otro lado, Vargas et. al., (2012) evaluaron el efecto del tiempo de exposición en Ionomicina de Ca y en 6-DMAP para optimizar un protocolo de activación química de ovocitos de alpaca. Encontrando que la exposición por 3 minutos en Ionomicina de Calcio y por 3 horas en 6-DMAP son los tiempos óptimos para la activación química de ovocitos de alpaca.

Taipe et al., (2010) utilizaron el etanol para la activación química de ovocitos de alpaca. Evaluaron concentraciones de 5%, 7% y 9% de etanol en reemplazo de la ionomicina de calcio, encontrando que con 5% de etanol obtuvieron mejor desarrollo embrionario *in vitro*. Asimismo, Taipe et al., (2011) evaluaron diferentes tiempos de exposición en etanol de ovocitos de alpaca para su activación e inducir desarrollo embrionario. Se utilizaron 3, 4 y 5 minutos de exposición en etanol encontrando que no existen diferencias con el grupo control de activación con Ionomicina de Ca. El etanol puede utilizarse alternativamente al calcio para la activación química de ovocitos de alpaca.

Ruiz et al., (2013) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la concentración de etilenglicol sobre la viabilidad morfológica y fisiológica de ovocitos vitrificados/descongelados de alpaca. Ovocitos de alpaca fueron madurados *in vitro* por 24-25 horas en estufa con 5% CO_2. Posteriormente fueron vitrificados en microgotas sobre un papel de aluminio flotando en nitrógeno líquido, encontrando que los ovocitos de alpaca vitrificados/descongelados son morfológica y fisiológicamente viables, y que con 35% de etilenglicol se obtienen mejores tasas de desarrollo embrionario.

Fecundación in vitro

La producción de embriones por fecundación *in vitro* en Camélidos Sudamericanos se encuentra aún a nivel de investigación. Generalmente, en los diferentes trabajos de investigación se ha utilizado medios de maduración y cultivo de embriones validados para vacunos y poco se ha investigado en obtener medios específicos para trabajar con gametos de Camélidos Sudamericanos para la producción de embriones *FIV,* se debe tener en cuenta la naturaleza y características de los gametos de alpacas y llamas en la preparación de los medios y tener en cuenta la fisiología reproductiva de estas especies para proponer protocolos de sincronización del embrión producido *in vitro* y la futura receptora del embrión.

Mendoza *et al.* (2008), realizaron un estudio con el objetivo de comparar los métodos de gradiente de Percoll y Swim up para la recuperación de espermatozoides epididimarios para la fecundación *in vitro* en alpacas. No encontraron diferencias significativas entre ambos métodos, desde entonces usamos el método de swin up para la separación y selección de espermatozoides de alpaca. En llamas, Ayuque *et al.* (2014), evaluaron el tiempo óptimo de maduración nuclear de ovocitos de llama (*Lama glama*) en el desarrollo de embriones producidos por fecundación *in vitro*. Los ovocitos de llama recuperados de ovarios del camal fueron madurados por espacio de 28, 36 y 42 horas. Los resultados obtenidos muestran que el mayor porcentaje de maduración nuclear (ovocitos en estadio en MII) está entre 36 y 42 horas frente a 28 horas. Por otra parte, en cuanto a los resultados del desarrollo embrionario, no se encontraron diferencias entre 36 y 42 horas de maduración in vitro.

Ruiz *et al.* (2017), evaluaron el efecto del tiempo de maduración *in vitro*, selección espermática y tensión de oxígeno sobre el desarrollo de embriones de alpaca. En el experimento I, COCs fueron madurados *in vitro* en TCM – 199 por 24, 28 y 32 horas a 38.5 °C, alta humedad y 5% CO_2 al aire. Los COCs fueron fecundados *in vitro* con espermatozoides de epidídimo (sin agentes capacitantes) y cultivados en SOFaa a 38.5°C, gran humedad y 5% CO_2, 5% O_2 y 90% N_2 por 7 días. En el experimento II, se usó un diseño factorial de 2 x 2 para determinar el efecto de selección espermática (Swin up vs Percoll) y tensión de oxígeno (20% vs 5%) durante el cultivo de embriones y su interacción con el desarrollo embrionario. En el experimento I, la proporción de ovocitos que alcanzaron la metafase II fue mayor después de 32 horas de maduración *in vitro*. Asimismo, la tasa de blastocistos fue mayor en los COCs madurados por 32 horas. En el experimento II, la tasa de blastocistos (26.03% ± 4.7; 27.7% ± 4.3; 29.7% ± 3.8 y 27.6% ± 4.2% para swim up+20% O_2, swim up+5% O_2, Percoll+20% O_2 o Percoll+5% O_2, respectivamente) no fue afectada por el método de selección de espermatozoides, tensión de oxígeno o su interacción.

Ruiz y Artica (2021), evaluaron el tiempo de maduración de ovocitos de alpaca. Los ovocitos fueron madurados *in vitro* por 26, 30, 34, 38 y 42 horas. En un primer experimento, transcurrido el tiempo de maduración, los ovocitos fueron fijados y teñidos, encontrándose que para 26, 30, 34, 38 y 42 horas se encontró 25%, 33.3%, 33.3%, 34.2% y 43.3% de ovocitos en Metafase II respectivamente. En el experimento 2 se encontró 48.4%, 38.8%, 35.6%, 33.2% y 26.8% de división a las 48 horas de la FIV; y 35.5%, 14.8%, 12.4%, 6.0% y 2.8% de blastocistos a los 8 días de la FIV, respectivamente. Si bien en el experimento 1 se encontró mayor cantidad de ovocitos en Metafase II con el tratamiento de 42 horas de MIV, en el experimento 2 se encontró menor división y blastocistos en el tratamiento con 42 horas de MIV, esto se puede explicar porque los ovocitos que ya maduraron en tiempos previos (26, 30, 34 y 38 horas) ya han envejecido al llegar a las 42 horas de MIV y tienen menos probabilidades de desarrollar un embrión luego de la inseminación *in vitro*.

Por otro lado, Ruiz et al. (2021), evaluaron 4 medios para el cultivo de embriones de alpaca producidos por fecundación *in vitro*. En conclusión, SOF IVC y KSOM fueron los mejores medios para el cultivo de embriones de alpaca que el CR1aa y el TCM 199. Asimismo, Ruiz et al (2021) compararon el uso de diferentes sistemas de co-cultivo de embriones de alpaca producidos por fecundación *in vitro*. Las tasas de división fueron mayores ($p<0.05$) en co-cultivo con fibroblastos fetales, células de oviducto y fibroblastos de oreja que con células de la granulosa y SOF IVC. También, las tasas de mórulas fueron mayores ($p<0.05$) en co-cultivo con fibroblastos fetales, células de oviducto y fibroblastos de oreja que con células de la granulosa y SOF IVC). Finalmente, no hubo diferencias ($p > 0.05$) en las tasas de blastocistos entre el co-cultivo con células de la granulosa, SOF IVC y fibroblastos fetales. Sin embargo, hubo diferencias entre el co-cultivo con células de oviducto y fibroblastos de oreja. En conclusion, fibroblastos de oreja,

células de oviducto y fibroblastos fetales fueron las mejores células para producir embriones de alpaca por FIV.

Landeo *et al*. (2016), transfirieron embriones de alpaca y llama obtenidos por fecundación *in vitro* en llamas receptoras y evaluaron las tasas de preñez y natalidad. Los COCs fueron recuperados por aspiración y fueron madurados *in vitro* durante 30 y 36 horas para ovocitos de alpaca y llama respectivamente. Los espermatozoides se seleccionaron mediante el método de swin up centrifugando dos veces en 2 ml de SPERM – TALP suplementado con 6 mg ml^{-1} de BSA libre de grasas, en una incubadora con 5% CO_2 al aire a 39 °C por 45 min, los ovocitos se incubaron juntamente con espermatozoides a una concentración de 3 x 10^6 mL^{-1} durante 18 a 20 h a 39°C con 5% CO_2 al aire. La FIV se realizó el día de la inducción de la ovulación de las receptoras. Un grupo de 15 blastocistos del día 8 de desarrollo *in vitro* fueron transferidos en el cuerno ipsilateral al cuerpo lúteo de 15 llamas receptoras sincronizadas con un dispositivo intravaginal con progesterona durante 8 días. 9 blastocistos de alpaca y 6 de llama fueron transferidos. La evaluación de preñez se realizó a los 45 días después de la transferencia de embriones. Se obtuvieron tasas de preñez de 33.3% (3/9) y 50% (3/6) en llamas transferidas con embriones de alpaca y llama respectivamente; y tasa de nacimiento de 0.0% (0/9) y 16.7% (1/6) para embriones de alpaca y llama respectivamente. Un feto alpaca y dos fetos de llama fueron abortados entre los 7 y 10 meses de gestación, y solamente una llama logró terminar la gestación satisfactoriamente, *produciéndose* el primer nacimiento del Mundo de una cría llama por FIV en Camélidos Sudamericanos, demostrándose que es posible obtener crías vivas en estas especies usando esta biotecnología.

Landeo et al. (2021), evaluaron la calidad del complejo ovocito-cúmulos (COCs) mediante el sistema *Ovum pick up* (OPU) en alpacas (*Vicugna pacos*) y evaluaron la capacidad meiótica frente a los COCs provenientes de ovarios obtenidos del Camal Municipal de Huancavelica. Para el estudio utilizaron 30 ovarios de 15 alpacas hembra vivas y 30 ovarios de 15 alpacas beneficiadas del camal, de las cuales 13 alpacas donantes de COCs fueron evaluadas a la respuesta ovárica a la superestimulación con 200 UI de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG), donde se detectaron 67 folículos ≥ 5 mm como respuesta a los tratamientos de superestimulación con una tasa de colección de ovocitos de 51.54%. Con la técnica OPU se recuperó 50 COCs/alpaca vs 128 COCs/ovario evidenciando diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$). En cuanto a la calidad de COCs obtenida por la técnica OPU, se registraron 6.15; 17.69; 36,54 y 31.92% de COCs de calidad I, II, III y IV respectivamente, frente a 56. 2; 15.0; 16.4 y 12.5% de COCs de calidad I, II, III y IV respectivamente para ovocitos recuperados de ovarios obtenidos post mortem, donde la técnica OPU influyó negativamente sobre la calidad de COCs ($P>0.05$), a diferencia que el otro método donde se obtuvo el mayor porcentaje de calidad I. Se utilizaron ovocitos de calidad 1 y 2 para la maduración, fecundación y cultivo *in vitro* de embriones hasta el día 7. Finalmente se evaluó la capacidad meiótica de COCs obtenidos por ambos métodos, donde se obtuvo tasas de división [(57.62 ± 22.08) % y (49±11.47) %] y mórulas [(55.6±23.82) % y (42±10.39) %] similares de aquellos COCs recuperados por OPU y ovarios obtenidos post mortem respectivamente, sin mostrar diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$). Sin embargo, la tasa de blastocistos temprano por sistema OPU (55.69 ± 23.82) % fue superior a las tasas de blastocistos tempranos obtenidos de los ovarios de camal (34,6 ± 2,90) %, respectivamente ($P<0.05$). Se concluye que las mejores tasas de desarrollo embrionario se obtienen a partir de la técnica OPU que de aquellos recuperados por ovarios obtenidos post mortem, el resultado depende de la técnica del operador al momento de realizar la aspiración folicular de COCs mediante esta técnica. Este estudio representa el primer reporte de desarrollo embrionario *in vitro,* usando ovocitos recuperados por ovum pick up en alpacas.

Conclusiones

Se ha descrito los avances del laboratorio de Biotecnologías para la producción de embriones por activación química y por fecundación in vitro, sin embargo, aún faltan mayores trabajos de investigación para establecer protocolos para la producción de embriones in vitro de Camélidos Sudamericanos.

Referencias

Ayuque A., E. Justiniano, J. Mendoza, L. Landeo, J. Ruiz. 2014. Efecto del tiempo de maduración in vitro en la capacidad meiótica y desarrollo de embriones de llama. Spermova. 2014; 4(1): 99 – 101.

Conde PA, Herrera C, Trasorras VL, Giuliano S, Director A, Miragaya MH, Chaves MG, Carchi MI, Stivale D, Quintans C, Agüero A, Rutter B, Pasqualini S. 2008. In vitro production of llama (*Lama glama*) embryos by IVF and ICSI with fresh semen. Animal Reproduction Science 109, 1-4.

Landeo L, Zúñiga M, Gastelu TR, Ruiz J. 2021. In vitro embryonic development from oocytes collected by ovum pick up of super stimulated females and no stimulates slaughterhouse ovaries of alpaca (*Vicugna pacos*). Reproduction, Fertility and Development 33(2) 117-117.

Landeo L., J. Mendoza, L. Manrique, E. Taipe, R. Molina, J. Contreras and J. Ruiz. 2016. First llama born by in vitro fertilization. Reproduction, Fertility and Development 29(1) 188-188.

Mendoza J., L. Landeo, M. Yauri, L. Manrique, R. Molina, F. Castañeda, J. Contreras, Ruiz J. 2013. Experiencias preliminares de gestación en alpacas y llamas con transferencia de embriones de alpacas producidos in vitro. XXXVI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. UNMSM. Lima – Perú.

Mendoza J., A. Ayuque, F. Triviño, G. Ayuque, M. Yaranga, L. Landeo, M. Artica y J.

Ruiz J, M Artica y L Landeo. 2021. Effect of the co-culture system and the culture medium on in vitro embryo development in alpacas (*Vicugna pacos*). Reproduction, Fertility and Development 33(2) 140-140

Ruiz J, y Artica M. 2021. Optimización de la fecundación in vitro para la conservación del material genético de las alpacas (*Vicugna pacos*) de la comunidad campesina de Carhuancho Distrito de Pilpichaca Provincia de Huaytará Región Huancavelica. Informe Final de Proyecto FOCAM.

Ruiz J., P. Santayana, J. Mendoza, L. Landeo, E. Huamán, F. Ticllacuri, F. Mujica, M. Silva, M.H. Ratto. 2017. Effect of oocyte maturation time, sperm selection method and oxygen tension on in vitro embryo development in alpacas. Theriogenology. Vol. 95, Pages 127-132.

Ruiz J, Landeo L, Mendoza J, Correa J, Silva M, Ratto M. 2015. In vitro developmental competence of alpaca (*Vicugna pacos)* and llama (*Lama glama*) oocytes after parthenogenetic activation. Small Ruminant Research 133 (2015) 148–152.

Ruiz J, Landeo L, Mendoza J, Artica M, Correa J, Silva E, Miragaya M, Ratto MH. 2013. Effect of ethylene glycol concentration and time of exposure in the equilibration and vitrification solutions. Animal Reprod. Science, 143: 72-78.

Ruiz. 2008. Evaluación de dos métodos de separación de espermatozoides epididimarios para la fecundación in vitro de ovocitos de alpaca. XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. UNALM, Lima – Perú.

Ruiz J., Correa J, Ayuque G, Landeo L, Yaranga M, Zacarías P. 2007. Producción in vitro de embriones partenogenéticos de alpaca y llama. I Simposium Internacional de Biotecnología Aplicada en Camélidos Sudamericanos. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.

Sansinena M, Taylor S, Taylor P, Schmidt E, Denniston R, Godke R. 2007. In vitro production of llama (*Lama glama*) embryos by intracytoplasmatic sperm injection: Effect of chemical activation treatments and culture conditions. Animal Reproduction Science 99: 342-353.

Sansinena M, Taylor S, Taylor P, Denniston R, Godke R.. 2003. Production of Nuclear Transfer Llama (*Lama glama*) Embryos From in vitro matured llama oocytes. Cloning Stem cells 5, 191-198.

Taipe E, Contreras J, Landeo L, Sánchez V, Ruiz J. 2011. Efecto de diferentes tiempos de exposición en etanol para la activación química de ovocitos de alpaca. VII Congreso ALEPRyCS 2011. Huancavelica, Perú.

Taipe E, Contreras J, Landeo L, Sánchez V, Ruiz J. 2010. Efecto del etanol en la activación química de ovociots de alpaca (*Vicugna pacos*). Resúmenes de la XXXIII REUNIÓN CIENTÍFICA ANUAL DE LA ASOCIACIÓN PERUANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL. UNT, Trujillo.

Vargas C, Paredes V, Landeo L, Ruiz J. 2012. Efecto del tiempo de exposición en Ionomicina de calcio y 6-Dimetilaminopurina en la activación química de ovocitos de alpaca (*Vicugna Pacos*). VI Congreso Mundial de Camélidos. Arica – Chile. 21-23 de Noviembre del 2012.

EXPRESIÓN GÉNICA GLOBAL EN EL OVARIO Y ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FOLICULAR PRE-ANTRAL DESDE EL FETO A LA ADULTEZ EN ALPACA

Deysi Dipaz-Berrocal[1], Gonzalo Rojas-Guerra[1], Camilo Mamani-Mondragon[1], Katherine Sánchez-Caycho[1], Jose R. Figueiredo[2], Edwin Mellisho[1]

[1]. Histology and Cytology Laboratory, Centro de Investigación en Tecnología de Embriones, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
[2] LAMOFOPA, Faculty of Veterinary Medicine, State University of Ceará, Fortaleza,

Los folículos preantrales son la población de folículos ováricos más grande y representan una fuente importante de ovocitos potencialmente competentes. Los patrones de expresión global de genes son diferentes en las etapas prepuberal y pospuberal. En alpacas no existen estudios que determinen la población de folículos preantrales a diferentes edades y análisis transcriptómicos en corteza ovárica. El objetivo de este trabajo fue comparar la población y morfología de los folículos preantrales de la vida fetal, pubertad y adulta en la alpaca y realizar una transcriptómica global de la corteza del ovario de alpacas durante la vida fetal, pubertad y adulta. Para esto, se recolectaron ovarios (n=24) de alpacas en feto (n=8), pubertad (n=8) y vida adulta (n=8) en un matadero local. Se extrajo un fragmento de corteza ovárica de cada ovario y se almacenó a -196 °C en ARN más tarde hasta la extracción de ARN para el análisis de la expresión génica global. Con histología estándar se estimó la población y la morfología de los folículos preantrales. Además, se midieron las categorías de diámetros de ovocitos y folículos (n = 100 por grupo). La población de folículos, la tasa de folículos anormales y el diámetro de folículos y ovocitos se analizaron mediante ANOVA y la prueba de Tukey para determinar la diferencia estadística con un valor significativo de $P \leq 0,05$. La población de folículos preantrales por ovario mostró una disminución progresiva desde la vida fetal (32632), la pubertad (24763) y la vida adulta (22057). Por el contrario, observamos un aumento en la tasa de folículos anormales relacionados con la edad (7,26 a 26,51). También, mayor proporción el folículo de transición (74 a 87%) en fetos, pubertad y ovarios adultos. De un total de 22420 transcritos evaluados, 3485 genes expresados diferencialmente entre la corteza de ovario pubertal vs fetos de alpacas. Asimismo 263 genes expresados diferencialmente entre la corteza de ovario adultos vs puberal. Siendo los 05 transcritos diferencialmente expresados ZBTB16, IHH, GEM, TKTL1, EMILIN3, y relacionados con la inhibición de la vía PTEN y activación de la vía PI3K/AKT que promueven el crecimiento y la diferenciación de los folículos. En conclusión, la población de folículos preantrales disminuye progresivamente con la edad desde la vida fetal, pubertad y adulta y la población más grande de folículos preantrales en alpaca pertenece al folículo de transición y que la expresión global de genes, se pueden considerar como una herramienta importante para estudios del desarrollo folicular.

Palabras claves: Transcriptómica, histología, folículos, diferencial de expresión, alpaca

POTENCIAL RESCATE DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ALPACAS MEDIANTE LA BIOTECNOLOGÍA DE CÉLULAS MADRE ESPERMATOGONIALES

Martha Valdivia[1], Zezé Bravo[1], Jhakelyn Reyes[1], Gustavo Gonzales-Rengifo[2]

[1]Grupo de Investigación UNMSM "Biotecnologías reproductivas para la conservación y mejora genética animal (BIOTRA). Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
[2] Laboratorio de Endocrinología y Reproducción de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

El Perú posee la mayor variabilidad y cantidad de alpacas del mundo por lo que su conservación es una preocupación para nuestro país, debido a que su producción está asociada a la cadena productiva en nuestro país. Una forma de conservar el material genético de una especie es usando unas biotecnologías como criopreservación de espermatozoides para usarlos en Inseminación intrauterina o usarlos en producción de embriones In vitro mediante fecundación In vitro (FIV), inyección intracitoplasmática (ICSI) o transferencia de células madre espermatogoniales a la rete testis de ejemplares de menor nivel genético. Las células madre espermatogoniales o spermatogonial stem cell (SSC) son consideradas células troncales o también denominadas células madre adultas, las que luego de su proliferación y diferenciación, durante la espermatogénesis, producen gametos masculinos en el interior de los túbulos seminíferos. Estas SSC son las responsables de mantener la fertilidad en el macho lo que hace posible la conservación de la vida fértil del macho. Se ha demostrado que las SSC se encuentran en una gran cantidad en el testículo de los mamíferos y que esta cantidad se ve disminuida cuando los individuos llegan a su etapa adulta, observándose a un porcentaje de 0,05% en ratones adultos. Estas células se mantienen en cantidad suficiente para mantener el tiempo de vida fértil del individuo, estas células disminuyen naturalmente con la longevidad o también pueden ser afectadas por razones externas como la contaminación ambiental, infecciones o internas (patologías). Las SSC en alpacas adultas han sido identificadas usando marcadores moleculares (PLZF) y mediante citometría de flujo donde se han podido identificar mediante el reconocimiento de los residuos α–N– acetilgalactosamina (GalNAc) mediante la sonda fluorescente Dolichos biflorus aglutinin (DBA). Una SSC posee una gran cantidad de estos residuos α–N– acetilgalactosamina (GalNAc) y fluoresce fuertemente usando la sonda DBA por lo que las hemos tipificado como sDBA+ (*strong DBA positive*) y cuando inicia su diferenciación estos residuos van disminuyendo en concentración y esto es revelado por una disminución de la fluorescencia DBA por lo que la hemos tipificado como wDBA+ (*Weakly DBA positive*), observándose además células negativas a DBA (DBA-) porque ya no tienen residuos de α–N– acetilgalactosamina (GalNAc) en la superficie de sus membranas y son negativas a DBA-. En las alpacas adultas analizadas observamos un porcentaje de células madre espermatogoniales de 4.44 ± 0.68% (sDBA+), células madre en diferenciación temprana 37.44 ± 3.07% (wDBA) y células diferenciadas identificadas como DBA negativas (DBA-) con un porcentaje de 54.12 ± 3.18% (DBA-). Luego de su identificación, hemos desarrollado protocolos de concentración mediante gradientes de Percoll y además sistemas de cultivo In vitro. Por otro lado, se ha logrado desarrollar protocolos de congelamiento de SSC de alpaca y un medio de cultivo para criopreservación hasta -196°C ambos han sido desarrollados como patentes. El manejo de las SSC de alpacas nos permite conservar, concentrar y criopreservar este valioso

material genético desde animales genéticamente valiosos para conservar su linaje genético y mediante la transferencia de estas células a la Rete testis de alpacas macho a los que se ha silenciado su línea germinal endógena se tendría potencialmente el rescate del material genético de las alpacas del Perú introduciendo una nueva biotecnología basada en el trasnplante de células madre espermatogoniales de alpaca con la finalidad que aporte en la conservación de la Alpaca Peruana.

Palabras clave: Alpaca, células madre espermatogoniales, cultivo In vitro, criopreservación

PERFIL ELECTROFORÉTICO SDS-PAGE DEL PLASMA SEMINAL DE ALPACA EN DOS ESTACIONES Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS SEMINALES

SDS-PAGE ELECTROPHORETIC PROFILE OF ALPACA SEMINAL PLASMA IN TWO SEASONS AND RELATIONSHIP WITH SEMINAL PARAMETERS

Kattery Rossabel Cordero Rua [1]*; Fidel Rodolfo Mujica Lengua[1]; Mijail Contreras Huamaní [2]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
[2]Estación Experimental Agraria "Canaán", INIA, Ayacucho, Perú.
kattery.cordero.02@unsch.edu.pe

El semen de alpaca presenta alta viscosidad, bajo volumen, baja concentración espermática y disminución significativa de la motilidad espermática después de la congelación, estos problemas podrían estar relacionadas a su vez con proteínas específicas del plasma seminal y condicionado a factores externos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el proteoma del plasma seminal de alpaca en dos épocas del año: secano y lluvioso, y su relación con los parámetros de calidad seminal. Para ello se evaluaron 8 alpacas macho en edad reproductiva (n=8), previamente entrenadas y seleccionadas, se mantuvieron en condiciones de semi- estabulación a 2,746 msnm. Las muestras de semen fueron colectadas con vagina artificial acoplada a un maniquí. Se evaluó la filancia, motilidad, viabilidad, funcionalidad de la membrana e integridad acrosomal. El plasma seminal fue obtenido por centrifugación a 10 000 x g por 20 min dos veces. La electroforesis SDS-PAGE se hizo en gel de separación al 15% y se cargó 60 µg de proteína en cada pocillo. Los geles fueron fotodocumentados en un equipo GelDoc Go (Bio-Rad) y las imágenes fueron analizadas con el programa Image Lab 6.1. Los resultados mostraron que no hay diferencia significativa (p>0.05) entre la calidad seminal de la época de secano y lluvioso; sin embargo, la concentración de las proteínas de 29.74 kDa y 10.23 kDa sí varía en ambas estaciones. Asimismo, se encontró una correlación negativa significativa (p<0.05) entre las bandas de 29.74 kDa, 59.44 kDa y 14.7 kDa y el parámetro de filancia, como también ausencia de la proteína de 14.7 kDa en individuos con altos valores de filancia; por otro lado, una única banda de 59.44 kDa mostró una correlación positiva con la integridad acrosomal. Los resultados concluyen que existe correlación entre algunas proteínas y parámetros de calidad seminal, los cuales que podrían actuar como marcadores proteicos.

Palabras clave: Plasma seminal, electroforesis SDS-PAGE, proteína.

ESTADO DEL ARTE EN LA INVESTIGACIÓN CON CÉLULAS MADRE EN CAMÉLIDOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA-PRELIMINAR

STATE OF ART IN STEM CELL RESEARCH IN CAMELIDS: SYSTEMATIC REVIEW-PRELIMINARY

J. Ricardo Atiquipa[1,2] y Amalia Gallegos-Cárdenas[2]*

[1]Círculo de Investigación en Biotecnologías Reproductivas - Biorep, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina.
[2]Laboratorio de Biotecnología Reproductiva, Departamento de Producción Animal, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina.
amgallegos@lamolina.edu.pe

La generación de células madre en animales domésticos ha avanzado significativamente en los últimos años, no solo para demostrar su seguridad en humanos, sino también para entender mejor los procesos moleculares del desarrollo de diversos tejidos (muscular, adiposo) y aumentar su eficiencia. Su uso en terapia regenerativa animal ofrece alternativas a los tratamientos farmacológicos, reduciendo costos de producción y el impacto ambiental. Aunque se ha trabajado ampliamente con especies como vacunos, ovinos, caprinos, porcinos y equinos, existe una escasez de información sobre la generación de células madre en camélidos. La presente revisión sistemática se llevó a cabo con el objetivo de determinar el estado actual de la generación y aplicación de células madre en camélidos desde el año 2000 hasta abril de 2024, utilizando bases de datos como Web Of Science, PlosONE, Embase y SCOPUS. Se incluyeron doce estudios (n=12) en la revisión. En alpacas, se encontraron 4 estudios relacionados con células madre espermatogoniales (CME) y células del corión de placenta (CCP), demostrando avances en su aislamiento y evaluación morfológica. Sin embargo, en llamas, se reportó la generación de células madre inducidas, pero no pudieron mantener su pluripotencia. En dromedarios, se identificaron cuatro estudios sobre células madre mesenquimales con fines terapéuticos, pero otros tres estudios no lograron mantener la pluripotencia de las células derivadas de piel, cúmulos y embriones. Estos hallazgos resaltan el potencial de las células madre de camélidos en la conservación y mejora de estas especies, así como en medicina regenerativa. Sin embargo, se necesita más investigación para optimizar las condiciones de cultivo y diferenciación celular y para explorar completamente su potencial en la terapia regenerativa y la medicina veterinaria.

Palabras claves: Células madre, cultivo celular, camélidos, revisión sistemática

COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE EMPADRE CONTROLADO EN ALPACAS SURI Y SU IMPACTO EN LA TASA DE PREÑEZ

Daniel Ponce-Salazar[1]; Marlene Miguel Gonzales[1]; Carlos Jara[1]; Moisés Asparrin[1]; Curtis R. Youngs[2]

[1]Fundo Sorani, Azángaro, Puno, Perú
[2]Iowa State Univertisy, Ames, Iowa, USA
danielps0512@gmail.com

El empadre controlado ha sido la base para la aplicación de programas de mejora genética en alpacas que ha permitido mejoras significativas en la calidad y productividad de las alpacas. Es todavía necesario avanzar en el conocimiento en técnicas de empadre controlado que ayude a hacer más eficiente la reproducción en la actividad alpaquera. El objetivo del presente trabajo fue determinar la tasa de preñez en alpacas Suri utilizando tres métodos diferentes de empadre controlado. Se seleccionaron 134 alpacas Suri de entre 3 a 8 años de edad para evaluar tres métodos de empadre controlado en el fundo Sorani, ubicado en el distrito de Muñani, Azángaro, Puno. Los empadres empezaron 21 días posterior al parto de las hembras. El primer método (T1) consistió en un solo empadre cuando la hembra estuvo receptiva. El segundo método (T2) consistió en dos empadres, el primer empadre cuando la hembra estuvo receptiva y el segundo empadre se realizó 12 horas después. El tercer método (T3) consistió en dos empadres, el primer empadre cuando la hembra estuvo receptiva y el segundo empadre se realizó 24 horas después. Se armaron tres grupos de hembras (69, 32 y 33 hembras en cada grupo) al azar, donde cada grupo fue expuesto a los tres sistemas de empadres cada 10 días. Las hembras de un grupo que fue expuesto al primer método de empadre y que 10 días después estuvieron receptivas al macho, fueron expuestas al segundo método de empadre y luego 10 días después, las vacías del mismo grupo fueron expuestas al tercer método de empadre, de tal manera que cada grupo de hembras fue expuesto a los 3 métodos de empadre. En total, se realizaron 86, 68 y 56 empadres para T1, T2 y T3, respectivamente. Se utilizó la prueba de Chi-Cuadrado para el análisis de proporciones (p<0,05). La tasa de preñez con T1, T2 y T3 fue de 55.8, 64.7 y 66.1, sin encontrar diferencia significativa entre la tasa de preñez y el método de empadre. Se encontró mayor tasa de preñez con dos empadres (T3), pero no fue mayor significativamente a las anteriores. Se recomienda usar solo un empadre por servicio, para maximizar el uso de los machos.

Palabras clave: Empadre controlado, Suri, alpaca.

REPORTE DE ALGUNAS PATOLOGÍAS DEL SISTEMA REPRODUCTIVO EN ALPACAS (VICUGNA PACOS) BENEFICIADAS EN AYMARAES – APURÍMAC

REPORT OF SOME PATHOLOGIES OF THE REPRODUCTIVE SYSTEM IN ALPACAS (VICUGNA PACOS) BENEFITED IN AYMARAES – APURIMAC

Ramos De la Riva Víctor Alberto[1]; Flores Melendez Keyro[2]; Selguerón Hilares Misael Ananias[2]

[1]Laboratorio de Patología Veterinaria de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac – UNAMBA.
[2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac - UNAMBA
vramos@unamba.edu.pe

Las patologías congénitas y hereditarias son defectos estructurales y/o funcionales presentes al momento del nacimiento de la cría. Sin embargo, muchas veces la muerte se produce en la etapa embrionaria y es abortada la cría en los primeros días de gestación provocado por el anormal desarrollo fisio anatómico de causas genéticas y/o ambientales. Estas patologías del tracto reproductivo afectan negativamente la fertilidad y natalidad. El objetivo general del presente estudio fue identificar las patologías del tracto reproductivo de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*) machos, hembras y color de vellón en la comunidad de Iscahuaca del distrito de Cotaruse, Aymaraes-Apurímac, zona referente y depende económicamente de la crianza de alpacas. El diagnóstico fue mediante la observación e identificación macroscópica de órganos reproductivos obtenidos luego del faenamiento y confirmado en el Laboratorio de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAMBA. Se observaron 420 órganos reproductivos de alpacas correspondientes a 217 machos (51.67%) y 203 hembras (48.33%); 315 de color blanco (75%) y 105 de otro color (25%). En nuestros resultados se registraron 210 animales (50%) con patologías del tracto reproductivo, distribuidos en 140 hembras [hipoplasia ovárica (7%), quiste ovárico (52%), quiste para ovárico (3.5%), hipoplasia uterina (28%) y aplasia ovárica (7%)] y 70 machos [hipoplasia testicular (29%), aplasia testicular (3%) y formaciones quísticas (3%)]. Concluyéndose que la presentación de casos es mayor en hembras (69%) y machos (32.3%), además en alpacas de color blanco (57.8%) frente a las de otro color (26.7%). Asimismo, quedó demostrado que existe relación entre el sexo y la frecuencia de patologías (p<0.05). Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el programa SPSS versión 20.

Palabras clave: Patología, reproductivo, anatomía.

PRIMERA PREÑEZ DE EMBRIÓN VITRIFICADO-CALENTADO DE LLAMA A LOS 90 DÍAS DE GESTACIÓN EN PERÚ

Marlene Miguel-Gonzales[1]; Daniel Ponce-Salazar[1]; Carlos Jara[1]; Moisés Asparrin[1]; Curtis R. Youngs[2]

[1]Fundo Sorani, Azángaro, Puno, Perú
[2]Iowa State Univertisy, Ames, Iowa, USA
danielps0512@gmail.com

El desarrollo de las tecnologías reproductivas en Camélidos Sudamericanos ha tenido varias complicaciones fisiológicas que ha limitado el progreso genético en estas especies. La criopreservación de embriones en otras especies ha permitido un flujo de material genético que ha contribuido a los programas de mejoramiento genético. Sin embargo, en las llamas hay muy pocos trabajos en este tema y se vuelve un desafío importante a superar. El objetivo del presente trabajo fue de demostrar la viabilidad de lograr preñeces en llamas por transferencia de embriones a partir de embriones vitrificados-calentados en la zona altoandina de Perú en un sistema extensivo. Se seleccionaron 4 llamas adultas del fundo Sorani, propiedad del grupo Michell y Cía. S.A. ubicado en el distrito de Muñani, provincia de Azángaro, departamento de Puno a 4200 msnm. Las llamas se superovularon utilizando un protocolo adaptado de Vivanco (2013, Proc. 29th Ann. Mtg. AETE, 43-74). La colección de embriones se realizó mediante el método transcervical al día 6 después de la inducción a la ovulación. Los embriones recuperados fueron clasificados según los estándares de la Sociedad Internacional de Tecnología de Embriones (IETS) y se vitrificaron y posteriormente se calentaron de acuerdo con Lutz et al. (2020). Se indujo a la ovulación en llamas receptoras que presentaron un folículo ≥ 8 mm, utilizando una dosis de 8.4 µg de acetato de buserelina. Siete días después de la inducción a la ovulación, se verificó la presencia de un cuerpo lúteo en las receptoras antes de proceder a la transferencia de embriones. La transferencia de los embriones vitrificados-calentados se realizó en las llamas receptoras con cuerpos lúteos confirmados. Cinco semanas después de la transferencia, se llevó a cabo la detección de preñez mediante ecosonografía. Se recuperaron un total de 7 embriones de 4 llamas donadoras. De 8 receptoras sincronizadas, 6 respondieron a la inducción con la presencia de cuerpo lúteo. Se transfirieron 6 embriones vitrificados-calentados. De los 6 embriones transferidos, se obtuvo 2 llamas receptoras preñadas a los 30 días, detectadas con ayuda de la ecosonografía. Luego, se realizó una segunda detección a los 100 días, observando una llama receptora preñada. Según el conocimiento de los autores, la preñez que sigue vigente es la primera preñez en Perú de embriones vitrificados-calentados que tienen más de 90 días de gestación.

Palabras clave: Llama, superovulación, embriones, vitrificación.

EJE TEMÁTICO V:

SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN Y LA BIODIVERSIDAD

CRIANZA Y CONSERVACIÓN DE LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS DOMÉSTICOS EN UN CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Milagros Aguilar*[1], Moises Mamani*[2], Daniel Torres*[3]

1Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo del Sur - Descosur,
maguilar@descosur.org.pe

Resumen

El presente documento recoge la información de campo y el análisis de estos por descosur, a través de la implementación de proyectos de desarrollo y de investigación en la cadena de valor de los Camélidos Sudamericanos domésticos en los departamentos de Puno, Arequipa y Moquegua. Iniciamos con la referencia de la situación del sector alpaquero y el perfil de los criadores/as, con un promedio de edad de las personas a cargo de los rebaños es 55 años, donde el 35% son mujeres, los niveles de educación son bajos (10% no tienen estudios, 53% primaria, 28% secundaria y 10% estudios técnicos). A pesar de las limitaciones en cuento a edad, estudios y recursos los criadores y criadoras de camélidos vienen implementando buenas prácticas de conservación y adaptación de sus medios de vida con el objetivo de un manejo sostenible de los ecosistemas de alta montaña, tales como: (i) infraestructura natural para el manejo del agua, siendo los canales rústicos de tierra (83%) y las zanjas de infiltración (55%), espejos de agua (54%) y qochas (35%) infraestructuras que permiten almacenar agua de lluvia, recargar acuíferos y distribuir el agua para riego de praderas; (ii) Prácticas de manejo de praderas naturales, siendo la de mayor implementación: abonamiento (91%), cercos de manejo (75%) y siembra de chilligua (29%) con gran expectativa de incremento, prácticas que les permiten mejorar la condición de las praderas, incrementa la soportabilidad y la retención del agua; (iii) Infraestructura de manejo productivo como cobertizos (84%) y dormideros rotativos (58%) para la protección de los animales del frio intenso de las noches y abonar los suelos y finalmente (iv) prácticas de manejo ganadero a traves de la selección (79%) teniendo como criterio principal el estado corporal y la resistencia de las enfermedades, criterio que pone en riego la mejora de la calidad de fibra, el destete (52%) y el incremento de horas de pastoreo (96%) para asegurar la estabilidad de los rebaños.

Palabras claves: Conservación, Camélidos, Cambio climático, buenas prácticas, recursos naturales.

Antecedentes

La situación de la población dedicada a la crianza de Camélidos Sudamericanos, se grafica en los siguientes indicadores, en lo social: (i) Educación deficiente, (ii) Baja calidad alimentaria con altos índices de anemia y desnutrición, (iii) Inexistencia de servicios básicos. En lo productivo: (iv) Limitado acceso a los servicios de asistencia técnica por el Estado, (v) Manejo tradicional existente en rebaños mixtos, (vi) Progresivo deterioro de los recursos naturales (suelo, agua y pastos), (vii) Progresivo engrosamiento de la fibra, (viii) Limitado acceso a innovaciones tecnológicas, (ix) Limitado acceso a la información y mercado, además del (x) Desconocimiento de los nuevos enfoques y exigencias del mercado internacional de la fibra de

alpaca como (buenas prácticas de bienestar animal) y el RAS. Realidad que incrementa la vulnerabilidad de las familias criadoras de camélidos ente los efectos del cambio climático.

Por lo cual, la apuesta del Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo del Sur – descosur, por el desarrollo de la cadena de valor de los Camélidos Sudamericanos responde a las necesidades identificadas y una visión institucional de largo plazo, que inicio en 1985 en la zona alta del Valle del Colca – Arequipa y replicada en otras regiones como Puno, Cusco, Moquegua, con el propósito de generar cambios a nivel de efectos e impactos en ámbitos económicos, sociales y políticos de las comunidades locales, a través del desarrollo de capacidades, la transferencia tecnológica y el apoyo a la gestión organizativa e institucional, que constituyen elementos vitales para el desarrollo de la cadena de valor de los camélidos y la conservación de los ecosistemas de alta montaña, proveedores de los servicios ecosistémicos, principalmente los hídricos a las grandes ciudades como Arequipa.

Desarrollado una estrategia de trabajo que relaciona de manera directa la conservación de los recursos naturales y su función en el ecosistema, con la mejora de ingresos económicos de la población altoandina que se encuentra asentada en zonas de alta montaña; haciendo de esta manera que estos recursos sean utilizados de manera eficiente, promoviendo su uso sostenible, con actividades sustentables, como la ganadería de camélidos domésticos, bajo conceptos de ganadería regenerativa. La experiencia institucional enfatiza la intervención en 5 ejes, teniendo en cuenta el contexto de cambio climático:

- El manejo del ecosistema de alta montaña, en especial las pasturas naturales y bofedales.
- La implementación de la propuesta de siembra y cosecha de agua como estrategia de conservación y manejo adecuado de los recursos hídricos.
- El manejo eficiente del sistema productivo con la finalidad de mejorar el rendimiento de su productividad.
- El acceso al mercado y el fortalecimiento de los procesos de comercialización asociativos.
- El fortalecimiento de las organizaciones de criadores de camélidos.

Los datos sistematizados que les presentamos son parte de la implementación de proyectos de desarrollo y de consultorías realizadas en estos últimos años en los departamentos de Arequipa (provincias de Caylloma y Arequipa), Moquegua (General Sánchez Cerro) y Puno (Lampa, Melgar y Carabaya).

Características de tenencia de terreno y ganado

Según el censo Agropecuario 2012 muestra la evolución de superficie Agrícola y no Agrícola. Del total de la superficie agrícola (7 125,008 Has), la mayor proporción se ubica en la Región de la Sierra que absorbe el 46,3%, seguida por la Región Selva que abarca el 30,1%; en la Costa con el 23,7% de la superficie agrícola. Las pasturas naturales son del orden de 18 018,795 ha, que representa el 57%. Sin embargo, la disponibilidad de pastos naturales, especialmente en las zonas alta montaña, resultaría insuficiente para soportar la población de animales domésticos y de fauna silvestre.

Las unidades productivas son dispersas, y en su mayoría son pequeñas y medianas propiedades, destacando el condominio con el 39%, unidades individuales con el 31% y la comunidad campesina con el 30%. En cuento a la propiedad en su mayoría son predios privados.

Cuadro 1. Tenencia de terreno y modalidad de uso según departamento

Departamentos	≤ 90 ha	91 a 150 ha	151 a 300 has	≥ 301 has	Propiedad privada	Comunidad	Alquilado	Al partir
Puno	38%	22.9%	22.9%	16.7	87%	12%	1%	-
Arequipa	7%	36%	36%	21%	62%	30%	3%	4%
Moquegua	12%	28%	38%	22%	70%	13%	4%	13%

Fuente. Línea de base de proyecto Proandino (Arequipa y Puno) 2023 y encuestas de proyecto PREPCAMB (Arequipa) 2024, Estudio de diagnóstico en Moquegua 2022, Sistematización proyecto ProGanadero 2015.

Características del criador y/o criadora de camélidos

Los criadores y criadoras de camélidos conforman una sociedad asentada en la alta montaña, entre los 3800 y 4800 msnm, donde otro recurso productivo (con excepción de la minería) no es rentable, sino de sobrevivencia, constituyen el estrato de pobreza extrema y los más vulnerables dentro del contexto actual de economía de mercado y cambio climático, con una población conformada principalmente por ancianos y mujeres que viven en su mayoría criando sus rebaños.

El promedio de edad de las personas encargadas de la crianza de los camélidos es principalmente por personas adultas del rango de edad 41 a 50 años con el 35.4%, de 51 a 60 y de 28 a 40 años con el 27.1% cada uno y el 10.4% por personas mayores de 61 años, con educación primaria principalmente, en Puno se puede observar un importante 19% de técnicos o profesionales que están impulsando esta crianza con una visión más empresarial.

Cuadro 2. Principales características de los criadores y criadoras de camélidos

Departamentos	Promedio de edad (años)	Nivel de educación (%)				Responsable del manejo (%)		
		Sin estudios	Primaria	Secundaria	Técnico/ universit	Mujer	Hombre	Ambos
Puno	46	-	44%	37%	19%	33%	36%	31%
Arequipa	55	12%	62%	23%	3%	35%	35%	30%
Moquegua	60	17%	52%	24%	7%	36%	32%	32%
Promedio	**55**	**10%**	**53%**	**28%**	**10%**	**35%**	**34%**	**31%**

Fuente. Línea de base de proyecto Proandino (Arequipa y Puno) 2023 y encuestas de proyecto PREPCAMB (Arequipa) 2024, Estudio de diagnóstico en Moquegua 2022, Sistematización proyecto ProGanadero 2015.

Estrategia de adaptación al cambio climático

Como una estrategia de adaptación al cambio climático y conservación de los ecosistemas de alta montaña, los criadores y criadoras de camélidos viene implementación buenas y nuevas prácticas de manejo ganadero y de manejo de los recursos naturales para la conservación de los ecosistemas de alta montaña, que detallamos a continuación.

Infraestructura natural para el manejo del agua: (i) qochas y espejos de agua infraestructuras que almacenan el agua de lluvia para ser utilizada en el riego de pasturas naturales en periodo de estiaje. (ii) Canales rústicos de tierra infraestructuras de distribución de agua desde las quebradas, riachuelos, qochas y/o espejos de agua hacia los pastizales para permitir el riego, (iii) Zanjas de infiltración, se construyen en zonas de pendiente con inclinación moderada o en laderas, para detener la escorrentía, la erosión hídrica y mejorar la infiltración del agua. Los principales impactos de la implementación de estas prácticas son: asegurar la disponibilidad de agua para el riego y la contribución de la recarga de acuíferos, la misma que emerge en zonas medias y bajas de la cuenca en forma de ojos de agua, mitigación de la erosión hídrica, captando el agua de lluvia y facilitar la infiltración en el suelo, por ende, la mejora de la biomasa, incrementando la capacidad de carga animal y contribuye a la regeneración de los ecosistemas.

Prácticas de manejo de praderas naturales: (i) Abonamiento, como una forma natural de devolver los nutrientes, microorganismos y semillas para fertilizar el suelo. (ii) siembra de chilligua (*Festuca dolichophylla*), se realiza a través de transplante de esquejes que se colocan en hoyos con la finalidad de regenerar la cobertura vegetal, y la (iii) instalación de cercos de manejo, para proteger y reservar alimento para épocas de estiaje para animales con mayores requerimientos nutricionales como madres gestantes o crías destetadas, también, delimitar linderos y separar rebaños por sexo y puntas. Los principales impactos de estas prácticas es conservar las condiciones estructurales del suelo para la mejora de las condiciones de los pastizales, incremento de la biomasa, aparición de especies palatables para el ganado asociadas a la chillihua, incremento de la capacidad de carga animal, mejora de la capacidad de los suelos para almacenar agua, y finalmente la protección y asegurar la conservación y recuperación de praderas naturales evitando el sobrepastoreo y la erosión de suelos.

Infraestructuras de manejo productivo: (i) Cobertizos, infraestructuras cubiertas con techo de calamina o paja que cumplen la función de proteger a los animales de las inclemencias del clima, principalmente crías, madres y animales débiles. (ii) Dormideros rotativos son cercos de manejo móviles que se utilizan para que los camélidos descansen de manera segura durante las noches y en días con ocurrencia de fenómenos climáticos extremos, como es móvil, permite abonar las praderas naturales con el estiércol que se origina en cada rotación, la que se da en promedio cada 3 a 4 días. El impacto de la implementación de estas prácticas es: la reducción de la mortalidad de crías y animales débiles, por las inclemencias y variabilidad del clima por efecto del cambio climático y la fertilización de los suelos.

Prácticas de manejo ganadero: (i) Selección que consiste en escoger los mejores ejemplares de acuerdo a criterios técnicos que emplean los criadores o criadoras acordes al objetivo de la crianza, en las actuales condiciones de cambio climático y la degradación de las praderas naturales los criterios que están tomando en cuenta, ordenados de acuerdo a prioridad son: animales en buenas condiciones corporales, resistentes a enfermedades y finura de la fibra, (ii) Destete de las crías a los ocho o nueve meses de edad, (iii) Incremento de horas de pastoreo, con la finalidad de alimentarlas de manera adecuada. Por la escasez

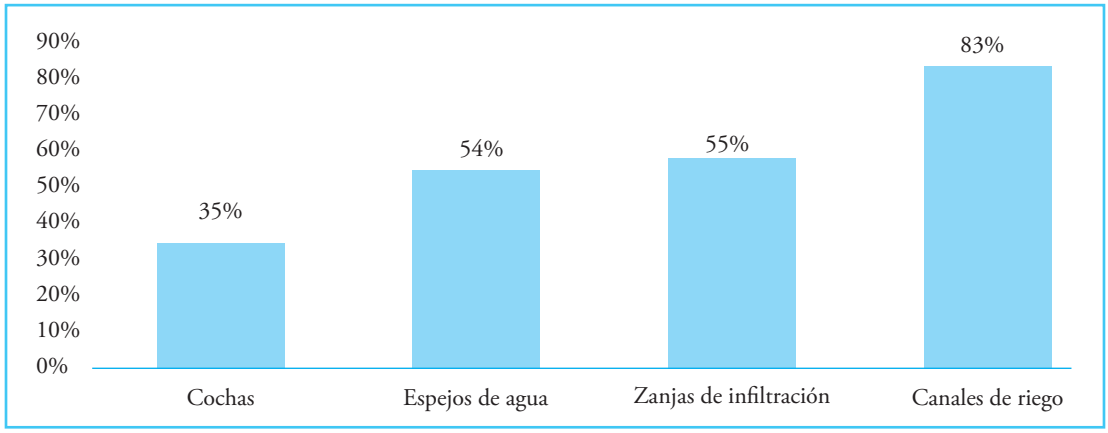
de pasto, la degradación de los pastizales por efecto de la sequía de los últimos años, las y los criadores han incrementado las horas de pastoreo en 2 horas promedio por día. Los principales impactos de la implementación de estas prácticas son: Estabilizar el rebaño y mantener la cantidad de animales que puede soportar los pastos, asegurar que la madre llegue en mejores condiciones al último tercio de gestación, controlar abortos por bajas condiciones corporales de la madre y asegurar el peso de nacimiento óptimo de las crías, cubrir los requerimientos de los animales, principalmente en los periodos críticos (agosto a noviembre) y el control de mortalidad y mantener al rebaño en buenas condiciones corporales.

Resultados y resiliencia de la crianza

De acuerdo a encuestas y fichas de seguimiento del 2022 y 2023 de familias criadoras de camélidos, en el departamento de Arequipa y Puno, las prácticas que vienen implementando como estrategias de adaptación al cambio climático son:

Las infraestructuras naturales implementadas para una mejor gestión del recurso hídrico en unidades productivas de camélidos, principalmente la construcción y mantenimiento de canales de riego y zanjas de infiltración, seguida de la implementación de espejos de agua y qochas, las dos últimas implementadas con apoyo de instituciones públicas o privadas.

Gráfico 1. Implementación de infraestructura natural hídrica



Las buenas prácticas para el manejo de praderas naturales implementadas por las familias en la crianza de camélidos en su mayoría es el abonamiento, seguida por la instalación de los cercos de mallas ganaderas y de piedra. En esta última se debe tener en cuenta que lo realizan en espacios reducidos, entre 2 a 4 hectáreas por unidad productiva (sobre un total de área de crianza que oscila entre 50 a 100 hectáreas por familia). La siembra de chilligua es una práctica relativamente reciente que, por los buenos resultados, viene difundiéndose entre los productores.

Las infraestructuras de manejo productivo implementadas por las familias en la crianza de camélidos domésticos son en orden de importancia: los cobertizos, seguidas por la instalación de los cercos rotativos. Ambos, se han masificado en el transcurso de los últimos años. El uso de dormideros rotativos es una innovación que facilita el abonamiento de praderas naturales, como alternativa ante la falta de mano de obra.

Gráfico 2. Implementación de prácticas de manejo de praderas naturales

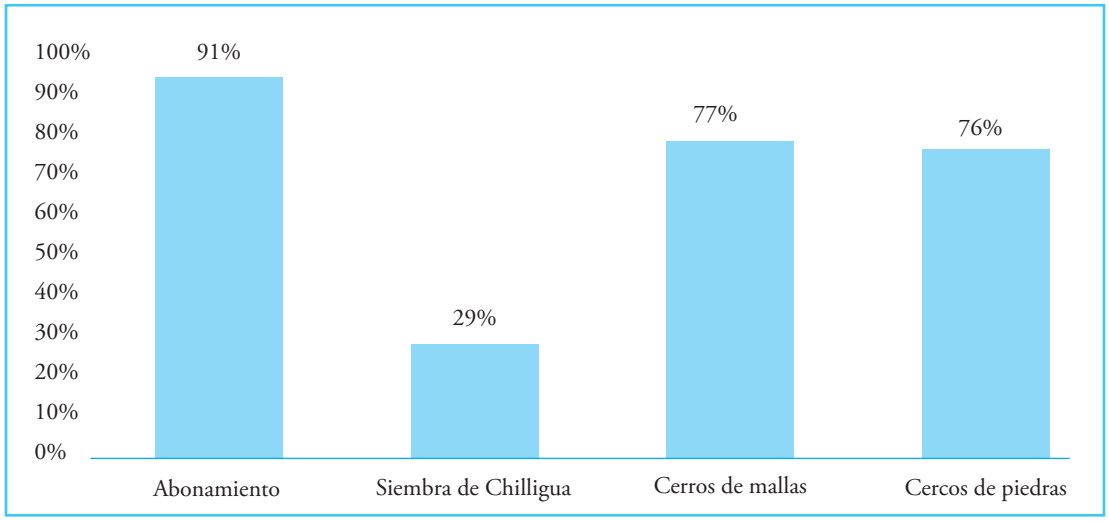
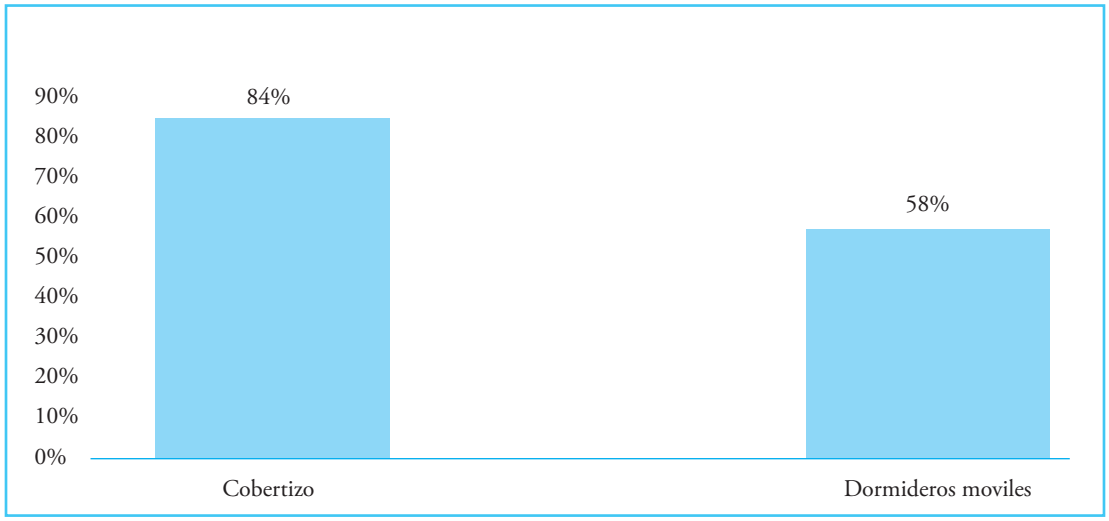


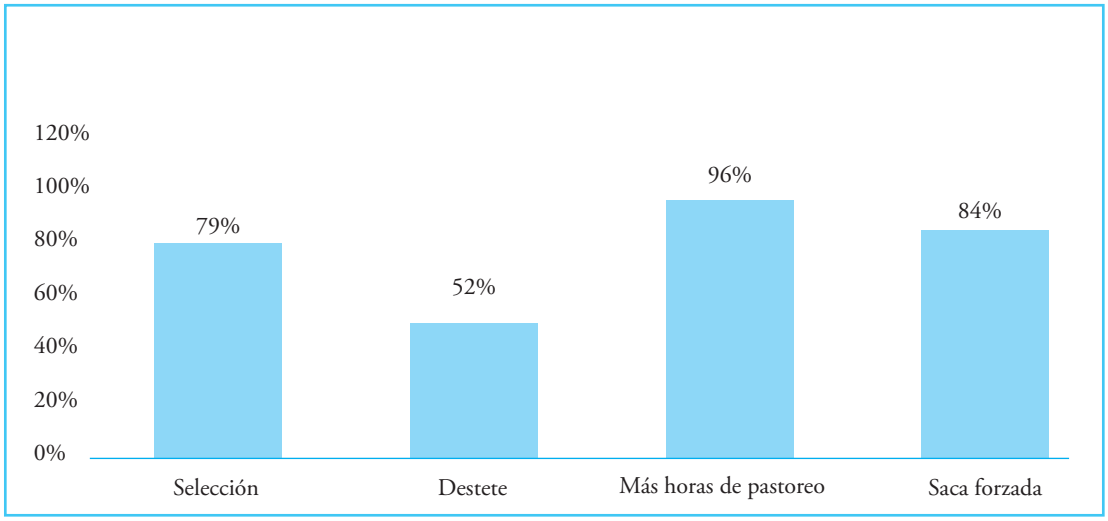
Gráfico 3. Construcción de infraestructura productiva



Haciendo la salvedad que no todas son buenas prácticas, sino que algunas como la saca forzada y la selección por condición corporal cunado la producción esta orientada a la producción de fibra de calidad (los animales más resistentes casi siempre son los huarizos e híbridos y afectan el mejoramiento genético) se realizan por necesidad. Las medidas implementadas por las familias criadoras de camélidos en orden de importancia son: el incremento de las horas de pastoreo, seguida de la saca forzada y de la selección de animales por su condición corporal. En último lugar la práctica de destete que si se recomienda.

La evaluación de 857 alpacas a la primera esquila de las características de finura de fibra, de peso de vellón y coeficiente de variabilidad de criadores y criadoras lideres que vienen implementando la estrategia de adaptación al cambio climático y el PROMEGE, se tiene promedios de diámetro de fibra de 17.3±2.2 micras, un coeficiente de variabilidad de 22.1±1.8 % y un peso vellón de 1,330±0.379 kilos, estos resultados nos indican que se está logrando un avance significado en los módulos de productores líderes que vienen trabajando de manera técnica, responsable y sostenible.

Gráfico 4. Prácticas de manejo ganadero



Cuadro 3. Resultados de características de fibra de alpacas de criadores lideres de Arequipa

Distrito	Variables de Selección	Promedio ± D.S.
San Antonio de Chuca	Peso vellón (kilos)	1,334±0,36
	Diámetro de fibra (micras)	17,6±2,24
	Coeficiente de variabilidad (%)	22,4±2,13
San Juan de Tarucani	Peso vellón (kilos)	1,331±0,30
	Diámetro de fibra (micras)	17,7±2,26
	Coeficiente de variabilidad (%)	22,8±9,43
Yanque	Peso vellón (kilos)	1,350±0,44
	Diámetro de fibra (micras)	16,7±1,98
	Coeficiente de variabilidad (%)	21,6±1,70

Fuente: Resultados de evaluación y sistematización realizada por Moises Mamani M. de beneficiarios del proyecto PROANDINO II 2020.

Conclusiones

La crianza y conservación de las altas montañas es una necesidad primordial para asegurar los servicios ecosistémicos como la regulación hídrica y el secuestro de carbono, por lo cual es necesario analizar y tomar en cuenta, el envejecimiento de la población de los criadores y criadoras que tienen como medio de vida la crianza de camélidos con una edad promedio de 54 años, por otro lado, el rol que las mujeres vienen asumiendo en este sector. Por otro lado, los criadores y criadoras de Camélidos Sudamericanos vienen asumiendo con mayor responsabilidad la conservación de los ecosistemas altoandinos con la implementación de buenas prácticas de manejo de recursos naturales, construcción de infraestructura natural y productiva, asimismo, las prácticas de manejo ganadero con lo cual trata de asegurar sus medios de vida y por ende sus ingresos económicos de una manera sostenible.

Referencias

Torres Zúñiga, Daniel; Aguilar Calla, Milagros (2015). Sistematización de proyecto PROGANADERO – Programa de Desarrollo Ganadero. Haciendo sostenible la ganadería altoandina Arequipa, desco – MINSUR, 114 páginas.

Valero Villasante, Fredy (2023). Estudio de línea de base del proyecto "Gestión sostenible y sensible al clima de los ecosistemas andinos" (Proandino III), ejecutado por descosur, financiado por Pan Para el Mundo.

Huallata N° 22 diciembre 2020. Revista de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca.

Resultados de la Encuesta elaborada por el proyecto "Preparándonos para el cambio climático" – PREPCAMB, ejecutado por descosur, Universidad Nacional Agraria la Molina – Perú y la Universidad de Boku – Austria, financiado por CONCYTEC, (2023).

Diagnóstico de la cadena de valor de Camélidos Sudamericanos de la zona alta de Moquegua. Elaborada por Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo del Sur – descosur (2022)

FAUNA SILVESTRE Y LA CRIANZA DE CAMÉLIDOS DOMÉSTICOS EN LOS ANDES DEL PERÚ

Carlos Enrique Michaud López

Illa Biodiversidad y Desarrollo
enrique.michaud@gmail.com

La relación entre el ser humano y la fauna silvestre en la zona andina es muy antigua y diversa, con relaciones que van desde interacciones de distintos tipos en la naturaleza, hasta procesos más complejos y que involucran una mutua dependencia como la domesticación, en procesos amplios en espacio y tiempo y que significan el medio de vida del ser humano en los Andes. En el Perú existen 02 especies de camélidos silvestres: El guanaco (*Lama guanicoe cacsilensis*) y la vicuña (*Vicugna vicugna mensalis*) que son ancestros de las especies domesticadas llama (*Lama glama*) y alpaca (*Vicugna pacos*), respectivamente, los dos géneros existentes (*Vicugna* y *Lama*) son muy distintos y particulares. Estas especies silvestres han sido cazadas ancestralmente, y posteriormente manejadas mediante la técnica de cacería mejorada denominada chaccu. Las poblaciones domesticas son producto de un manejo de larga data basado en la observación e interacción con la naturaleza donde se generan nuevas dos especies (alpaca y llama), cuyas expresiones sociales como es el pastoralismo, saberes y haceres tradicionales se siguen practicando en la actualidad. La observación y el conocimiento del entorno determinaron las actividades de los pastores ancestrales sudamericanos y sus prácticas tradicionales de gestión han sido utilizadas por la población local como estrategias para la adaptación al cambio climático en los Andes hasta nuestros días generando una importante biodiversidad. El manejo tradicional de estas especies proporciona en la actualidad importantes criterios y técnicas que son valiosas para su conservación y la ecología de los Andes. Este artículo muestra un panorama de las relaciones entre los camélidos silvestres y sus parientes domésticos desde las formas de manejo tradicional y las adoptadas, las interrelaciones con otras especies silvestres de sus ecosistemas: otros herbívoros, aves y predadores, así como su abordaje por las políticas nacionales e internacionales para la coexistencia de humanos con la fauna silvestre y las interacciones con los animales domésticos y el entorno ecológico andino.

Palabras claves: Ecología andina, fauna silvestre, domesticación, pastoralismo, una salud, coexistencia

Perú es un país montañoso, con la región andina (ecozona sierra) que cubre el 27,44% del país (MINAM 2014). Los andes peruanos moldeó territorios y culturas en un continuo proceso de adaptación a los constantes cambios ambientales. Como resultado de este proceso nacieron particularidades únicas inmersas en la diversidad de los cientos de microclimas creados para las condiciones geográficas y climáticas locales. Los ecosistemas de puna desempeñan un papel importante en la regulación y provisión de agua para los medios de vida locales y las ciudades. Las punas se caracterizan por características biofísicas únicas, como condiciones climáticas que cambian rápidamente, alta variabilidad climática, temperaturas medias 6-8 ºC y precipitación media 400-700 mm/año (Moya y Torres 2008). Los camélidos habitan pastizales extensos ocupada por vegetación herbácea o arbustiva nativa que es pastoreada por herbívoros domésticos o silvestres. La vegetación de las áreas de distribución de los pastizales puede incluir praderas de pastos

altos (ichu y algunas gramíneas), estepas (praderas de pastos cortos), matorrales desérticos, bosques de arbustos, sabanas y tundras. Asimismo, se constituyen en ecosistemas resilientes y bajo presiones constantes, pero a su vez vulnerables y que pueden ser impactadas por su fragilidad. Los pastizales se desarrollan en condiciones de perturbación periódica (sequía, incendios, pastoreo de animales domésticos y silvestres, actividades humanas, etc), las que a su vez ayudan a mantener la diversidad biológica de estos ecosistemas. En todo el mundo, aproximadamente el 40,5% de la superficie terrestre son pastizales abarcando más de 52,5 millones de km2, que considera los diferentes tipos de pastizales (Anderson 2004).

En las tierras altas de los Andes, la población vive entre 2500 y 4500 m.s.n.m. y está muy dispersa. Estas comunidades campesinas se caracterizan por practicar la ganadería y la agricultura de subsistencia, desarrollar actividades económicas de pequeña escala, hablar su lengua nativa mantener su estructura social y estrategias de vida tradicionales (MINAM 2016). Por su parte, las familias rurales que dependen de la cría de camélidos pertenecen en su mayoría a comunidades agrícolas en regiones consideradas en situación de extrema pobreza (MINAGRI 2015). Cuanto mayor es la elevación o altitud de una comunidad, más limitados suelen ser sus recursos, lo que aumenta la vulnerabilidad (Bergmann et al 2021). Las temperaturas más altas y los cambios extremos en los patrones de lluvia, junto con prácticas insostenibles de manejo de la tierra, reducen la funcionalidad de los ecosistemas de puna y los servicios que brindan (Rolando et al. 2016).

Las comunidades de montañas andinas son principalmente criadores de Camélidos Sudamericanos con una larga tradición campesina de respuesta a la variabilidad eco climática de los Andes y lectura de la dinámica ecológica y los riesgos climáticos (Mujica 2017). Esta adaptación ha determinado su éxito para sobrevivir en el duro entorno de las tierras altas andinas. La presencia de la Cordillera de los Andes en la zona tropical y subtropical occidental del continente sudamericano, determina que ésta esté expuesta a cambios climáticos que en muchos casos generan desastres. Los eventos más destacados son: (1) eventos de precipitación extrema y procesos relacionados (rayos, relámpagos), (2) olas de frío, heladas y vientos fuertes, (3) los impactos de El Niño en eventos hidrometeorológicos extremos, (4) inundaciones, (5) deslizamientos de tierra, avalanchas y (6) sequías, olas de calor e incendios (Poveda et al, 2020). Actualmente, los medios de vida andinos están amenazados y solo están respaldados oficialmente por respuestas reactivas a eventos climáticos extremos y esfuerzos incipientes para respuestas programáticas al cambio climático (INEI 2012, Postigo 2012).

Los Camélidos Sudamericanos tienen una adaptación natural a los ecosistemas de puna. Son pastores con bajo impacto ambiental (Baied y Wheeler, 1993). La estructura y forma de sus labios y dientes permiten a los camélidos ser muy selectivos en cuanto a las plantas que consumen, y cortar el pasto en lugar de arrancarlo, lo que estimula el crecimiento del pasto. Sus patas tienen almohadillas suaves que no impactan el suelo y la vegetación (Vilá, 2002). Perú tiene la mayor población mundial de camélidos sudamericanos, con poco más de 5 millones de individuos entre las cuatro especies: llama (*Lama glama*) y alpaca (*Vicugna pacos*) doméstica; y el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*) silvestres. De estos la gran mayoría pertenecen al género *Vicugna*, el 74% de estos animales son alpacas (aprox. 4 millones) distribuidas principalmente en las regiones del sur del Perú: Puno (40%), Cusco (15%) y Arequipa (13%) (INEI 2012).

La gestión de riesgos puede entenderse como un proceso donde la sociedad reconoce y valora los riesgos y su relación con el medio ambiente. Para su adaptación a un proceso de cambio permanente, los pueblos andinos utilizaron la diversidad andina incluida la fauna silvestre como estrategia para enfrentar y evitar los riesgos. En respuesta a eventos climáticos adversos como sequías, heladas, inundaciones y granizo, como estrategia de supervivencia, los pueblos andinos desarrollaron una gran cantidad de plantas y animales

domesticados producidos en una diversidad de altitudes y con el uso de diferentes técnicas. La diversidad y la diversificación permiten a la población andina enfrentar los desastres antes mencionados, contando con la supervivencia de al menos una de las variedades en caso de que ocurra un desastre (Juan Torres, comunicación personal). La región andina es uno de los ocho centros mundiales donde se originó la domesticación de plantas y animales (Salaverry, 2012). Perú se encuentra entre los seis países con mayor biodiversidad del mundo, con un capital natural que representa más del 22 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) y al menos el 24 por ciento de las exportaciones del país (PNUD, 2016). Para el caso específico de Perú se reportan 4400 especies vegetales nativas utilizadas, 1700 especies cultivadas y 182 domesticadas (Casas, Torres y Parra, 2017).

Utilizando esta diversidad a su favor, los pueblos andinos pudieron gestionar el paisaje y crear estrategias y realizar intervenciones encaminadas a reducir o controlar los riesgos existentes y evitar nuevos riesgos. En este sentido, la valorización de la unicidad de la cultura andina teniendo en cuenta sus conocimientos tradicionales y sus formas de gestión del riesgo que han sido utilizadas ancestralmente tiene un potencial aporte a la comprensión de la gestión del riesgo. Los escenarios climáticos cambiantes han llevado a los productores a considerar algunas variables productivas y seleccionar características en los animales que les confiera rusticidad, así como adaptabilidad, prolificidad, aptitud materna y diversidad, aunque algunas veces esto vaya acompañado de otras características (y resultados) que no coincidan con lo deseado por el mercado. El conocimiento tradicional y la investigación personal/grupal obtenida desde la experiencia del ensayo-error han sido herramientas utilizadas por el hombre andino desde tiempos ancestrales y que les ha servido para sobrevivir en un medio hostil, con climas cambiantes, y condiciones muchas veces desfavorables (Michaud 2016).

Los Camélidos Sudamericanos cuentan con especies domésticas y silvestres. Para los Terrestre poblaciones animales existen varias definiciones. silvestre, silvestre manejado, cultivado y domesticado (Child et al., 2019).

- Silvestre
- Silvestre manejado: poblaciones de animales donde se proporciona algún nivel de alimentación suplementaria, agua o atención veterinaria para aumentar la productividad
- Cultivado o Criado en cautiverio. En granjas, poblaciones de animales donde el espacio, alimentación suplementaria, agua, cría y atención veterinaria se administran para aumentar la productividad
- Domesticado

La ley peruana (LFFS N° 29763) también diferencia silvestre, silvestre en cautiverio, domésticos y ferales (domestico que se habitúa a los hábitos del silvestre), nativos, endémicos o exóticos (incluye exóticas invasoras) , pueden ser amenazadas o no. En la definición que se encuentra en artículo 6 de la referida norma indica, Art 6. Recursos de Fauna Silvestre: Especies animales no domesticadas, nativas o exóticas, incluyendo su diversidad genética, que viven libremente en el territorio nacional, así como los ejemplares de especies domesticadas que, por abandono u otras causas, se asimilen en sus hábitos a la vida silvestre. Asimismo, luego se define dentro de la misma norma en el artículo 88 el concepto de manejo en sus diferentes modalidades. Art 88 Concepto de manejo de fauna silvestre: se da en libertad, semicautiverio y cautiverio. Existe mucha fauna silvestre que no cuenta con ninguna modalidad de manejo, sin embargo, se relaciona en forma directa con el ser humano y sus medios de vida. Si bien esta ley considera la fauna silvestre en general, la vicuña, el guanaco y sus híbridos cuentan con su propia normativa a nivel nacional

descrita en la Ley 26496, "Régimen de la Propiedad, Comercialización y Sanciones por la Caza de las Especies de Vicuña, Guanaco y sus Híbridos", esto dada su relevancia a nivel nacional.

Respecto a la dicotomía doméstico/silvestre, esta es una relación bastante dinámica y compleja. Debemos diferenciar domesticación de aprovechamiento de fauna silvestre, para domesticación se deben considerar otros factores como son: La relación entre lo salvaje, lo introducido, lo asilvestrado, lo domesticado y lo cautivo se puede mapear utilizando tres ejes vinculados a las intervenciones humanas. Estos son (i) el alcance de la intervención humana en la reproducción y la supervivencia; (ii) selección multigeneracional de rasgos por parte de las personas que se adapten a las necesidades humanas; y (iii) el grado de dispersión de las poblaciones debido a la intervención humana. (IPBES 2022). Una presentación esquemática de las múltiples dimensiones que pueden usarse para definir el continuo entre lo "salvaje" y lo domesticado se presenta en la Figura 1. Las burbujas representan varios ejemplos de estados que pueden existir entre los extremos de las poblaciones silvestres que se encuentran libremente dentro de su hábitat original y aquellas que están completamente domesticadas. Esta no es una lista completa de posibles estados (IPBES, 2022).

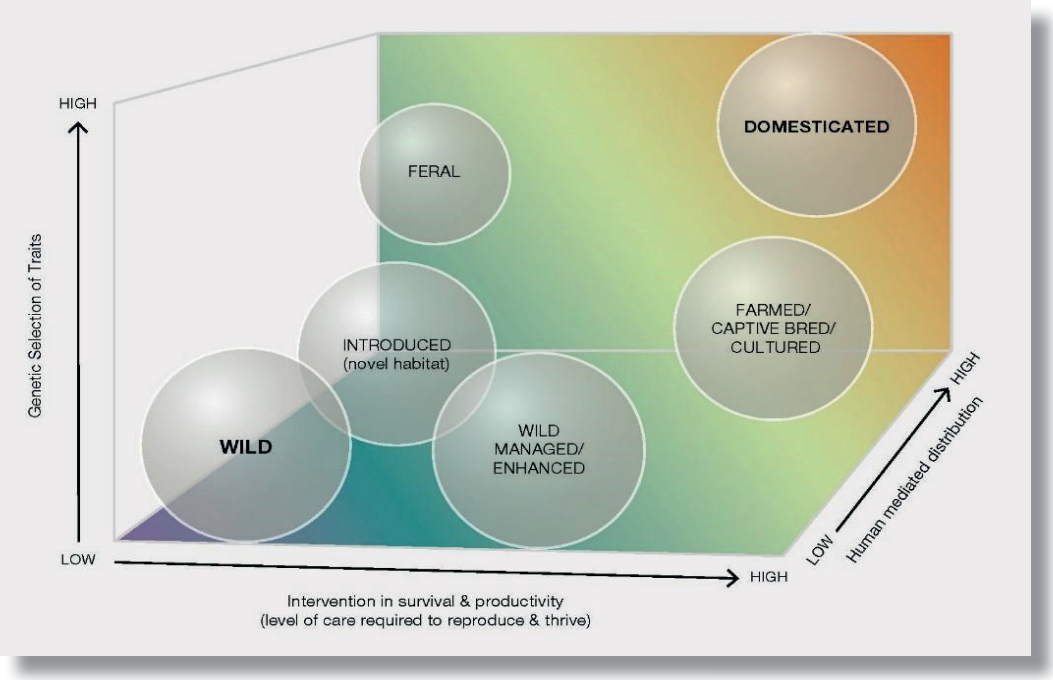


Figura 1. Relación entre los niveles de selección, intervención y distribución influenciado por humanos (IPBES, 2022)

Al interpretar el alcance de esta evaluación, la definición de fauna silvestre está en aquellas poblaciones que están situadas en el extremo inferior de estos tres ejes, es decir, aquellas que todavía se encuentran en su área de distribución natural, no han pasado por una selección multigeneracional de rasgos y pueden sobrevivir sin intervención humana. Por otro lado, lo doméstico vendría a ser todo lo contrario: distribución de especímenes donde sean llevados por el hombre, que es quien le genera los entornos favorables, la reproducción y la salud asistida mediada por los humanos, y selección artificial es la que determina las características de los individuos, la cual es principalmente determinada según los objetivos de crianza. Asimismo existen otros estados que pueden ser identificados: ferales que son domésticos que se adecúan a la vida en libertad, luego están los que pueden ser reproducidos sin depender totalmente del humano ni perder su condición silvestre en caso de las plantas vienen a ser los cultivados y en caso de los animales la zoocría, los silvestres en cautividad cuyo mejor ejemplo son los zoológicos y otros centros de rescate,

centros de recuperación y rehabilitación y centros de conservación; y las especies exóticas introducidas que también son silvestres pero fuera de su rango de distribución natural sin embargo mantienen su condición independiente del silvestre que pueden en algunos casos tener características invasiva (exóticas invasoras) según las características de la especie y su viabilidad biológica en el medio donde son introducidas,

Sin embargo, debemos agregar además que esto no es estático y existe un flujo continuo muy dinámico en el tiempo, así como mucho movimiento entre los diferentes estados. En el caso de los camélidos, la fauna silvestre interactúa constantemente con las crianzas de los camélidos domésticos, sobre todo dado el tipo de manejo y la crianza extensiva al pastoreo de las alpacas y llamas que comparten el espacio y el tiempo de las actividades generando muchas y variadas interacciones en el hábitat.

En el caso de los domésticos su presencia dependerá de la distribución humana. Las llamas en particular por su movilidad y uso para transporte e intercambios comerciales tienen una distribución mayor que la alpaca, ejemplo de distribución mediada por el humano. A la llegada de los españoles se encontraron rebaños de llamas desde el sur de Colombia hasta el centro de Chile y nor oeste de Argentina, muy similar al territorio del mapa del Tawantinsuyo y el Qhapaq Ñan por donde solían caminar, mientras que la distribución de las alpacas se restringía al Perú y Bolivia (Wheeler J.C., en Moura 2015) y también actualmente se encuentran en Ecuador en menor número. Por otro lado, los silvestres llegan hasta el norte del actual Perú teniendo como límite natural el inicio de la zona que se conoce como los páramos, con una distribución mayor en las tierras bajas relacionadas a la costa de los guanacos, y por su lado las vicuñas más restringidas a las punas y zonas altoandinas. Esto evidencia que las llamas y alpacas llegaron ya domesticadas al actual territorio de Ecuador y Colombia y fueron llevadas por las personas durante los viajes e intercambios cargando productos, donde las llamas cumplían un rol por sus características de cargar y caminar y que se refleja en su distribución y mayor presencia con relación a las alpacas.

De otro tenemos a los animales silvestres criados en cautividad aun por largos periodos de tiempo y que sin embargo nunca fueron domesticados. Hasta el día de hoy las interacciones con los psitácidos (loros y guacamayos) es bastante frecuente, sin que podamos hablar de domesticación. Por ejemplo, en el sitio de Paquimé en Casas Grandes, Chihuahua, México, en donde los arqueólogos han encontrado vestigios de criaderos de guacamayas y distintas especies de loros para el aprovechamiento de su plumaje. No existe evidencia de selección artificial y, por lo tanto, de domesticación. Pero sí la hay de su mantenimiento y producción. (Casas 2016b). Esta interacción además no es reciente, sino al contrario es bastante antigua y está bien representada en las cerámicas pre-incas, otro ejemplo, en la Tabla Tello que es una escena de caza, donde se observa que las personas van con perros y guacamayos (Fig 2).

Figura 2: Tabla Tello

La domesticación y crianza de los camélidos también refleja el concepto de complementariedad andina que está muy arraigado en la cultura de hoy, los Camélidos Sudamericanos tienen dos tipos de ganado mayor (alpacas y llamas) que se complementan y semejan la dualidad, lo masculino y femenino, el arriba-abajo, por un lado, tipo de ganado sedentario (alpacas), y otro con mayor movilidad (llamas) permitiendo un mayor alcance territorial e intercambio entre pisos ecológicos. En el lado de los silvestres también el guanaco y la vicuña siguen esta lógica de dualidad y complementariedad andina, con la vicuña ocupando pisos altos y con hábitos sedentarios (punas y bofedales), y los guanacos ocupando pisos mas bajos de la cara occidental de los andes, zonas desérticas (estepas, matorrales desérticos), y con patrones de movimientos migratorios y desplazamientos de distancias considerables para su alimentación, ambos géneros cuentan con adaptaciones fisiológicas para el uso del hábitat. Una característica de esta coevolución con el ecosistema es que los *Lama* no es bebedor obligatorio a diferencia de los *Vicugna*.

Desde aspectos socioculturales, en fases iniciales la tenencia, cría y manejo de animales fue muy importante en proveer carne, huesos y fibra, como animales de carga en la articulación comercial, espiritual para la adivinación y sacrificio, y para el liderazgo político, así como un símbolo de status y riqueza (Flores Ochoa, 1977). Después de la conquista y con la llegada de moneda y la economía los intercambios se constituyeron en sistemas comerciales paralelos a la economía convencional, la cría de camélidos se convirtió en una actividad de resistencia cultural basada en la fe y como medio de vida resiliente y adaptación al medioambiente, mas que en el poder comercial y el liderazgo político, sin embargo hasta el día de hoy en muchas comunidades con tradición de crianzas animales continua siendo un símbolo de status tener ganado, y principalmente animales de diferentes especies y/o razas. Asimismo, en el caso de la tenencia de animales silvestres está relacionado al poder, es muy común ver escenas de reyes y emperadores de la antigüedad con animales silvestres, así como en escudos y blasones. Hasta el día de hoy sigue siendo así, el tráfico de animales silvestres es una actividad ilícita que mueve miles de millones al año y que se asocia a otros crímenes organizados como el tráfico de drogas, tráfico de armas y trata de personas. (UNODC, 2024).

Ahora para entender mejor los procesos de uso del espacio debemos entender en profundidad la domesticación. "Domesticar" proviene del latín *domus*, que significa casa. El término puede tener un significado literal: hacer la casa, integrar algo como parte de ella; pero también puede implicar "llevar a la casa": domar, llevar lo silvestre al hogar. *Domus* es el término metafórico de este proceso de humanización, por lo que ambos significados implican humanizar o incorporar a la vida humana los elementos del entorno en un caso, y al entorno mismo en el otro. (Casas y Parra, 2016). En ese sentido los orígenes de la domesticación implican una relación con los animales, pero además conocimiento de los manejadores de animales que debía tener un medio de poder ser replicado mediante la transmisión de estos conocimientos. Un aspecto importante de la relación entre humanos y camélidos puede observarse en las pinturas y grabados rupestres. Estos estilos naturalistas pueden explicarse, en general, como una forma de transmitir conocimiento de la naturaleza y fijarlos generacionalmente (Yacobaccio 2013). Es posible encontrar pinturas rupestres en zonas de considerable altitud, por ejemplo las cuevas de Sumbay en Arequipa al sur del Perú (Figura 4) donde se logra evidenciar diferentes procesos, por un lado tempranos de cacerías y capturas tipo chaccu, donde se aprecia personas corriendo y presencia de camélidos y cérvidos en evidente acción, hasta otras zonas donde las pinturas son más bien de personas paradas, presencia de perros, los animales son solo camélidos y en muchos de ellos se aprecia el vientre abultado en evidente muestra del control de la reproducción lo cual constituye una característica fundamental de la domesticación (obs. Pers del autor)

Figura 3: Pinturas rupestres en las Cuevas de Sumbay - Arequipa

Las expresiones de comportamiento de los silvestres fueron muy bien observadas por los hombres para asegurar el éxito de las crianzas domésticas. Los pre-Incas desarrollaron para su época un saludable y Ecológico manejo de la vicuña (chaccus) que mejoro enormemente el sistema (Sumar J., en Moura 2015) en el manejo ecológico andino. Asimismo, aspectos etológicos y comportamiento libre de los silvestres también fueron replicadas. El grupo familiar mantiene un territorio en forma permanente y un grupo determinado de hembras que varía de acuerdo a la fortaleza o las habilidades que tenga el macho para poder darles seguridad, alimentación y bebida a las hembras. Seguridad desde que el macho debe estar atento a la presencia de predadores (incluido el humano) y de otros machos que puedan significar amenaza. Un mayor tiempo de vigilancia significa un menor tiempo para su propia alimentación. Un mayor número de hembras significa mayor esfuerzo para mantenerlas juntas y evitar que estas se dispersen. Este comportamiento en la vicuña se le conoce como 'poliginia de defensa de recursos' (Vilá, 2002). Un factor determinante para el éxito reproductivo es la alimentación porque los machos más fuertes tienen acceso a mejores tierras de pastoreo, bofedales y pasturas en zonas planas. En las alpacas y las llamas se tiene en los rebaños la presencia del "jayñacho", macho dominante que repite el patrón de harem de los silvestres, sin embargo, en lugar de 3-5 hembras puede tener 20-30 o incluso en algunos casos más, ya que las actividades de cuidado del grupo familiar de predadores y movimientos del grupo a los mejores pastizales son ahora lideradas por el pastor.

Asimismo, en los silvestres los machos más fuertes pueden cuidar mayores y mejores áreas de alimentación y, por tanto, cuidar de más hembras en su grupo familiar y tener un mayor éxito reproductivo. Un recurso muy importante es el agua. La vicuña es un animal que consume abundante agua, su condición de bebedor obligatorio hace que el consumo de esta sea muy importante y vital. Los machos más fuertes ocupan territorio estable o permanente que cuenta con el acceso al agua, mientras que machos familiares menos fuertes ocupan tierras marginales y tienen menor acceso al recurso hídrico, principalmente en épocas de estiaje donde este recurso se vuelve más escaso. En esta época es muy frecuente observar el paso de los grupos familiares de los terrenos marginales a través del territorio de un macho dominante. Esto significa un gran esfuerzo del macho de 'tránsito' para mantener a sus hembras juntas hasta llegar a la fuente de bebida. Es muy común observar que el macho del territorio con agua agreda a los visitantes, trate de dividir al grupo y quedarse con alguna hembra para incrementar su grupo familiar en desmedro del grupo del ocasional visitante, lo cual a su vez significa aumentar el éxito reproductivo del más fuerte.

Todos estos procesos que favorecen a los machos más fuertes significan intercambios genéticos a favor de la fortaleza de la especie y, por tanto, de su supervivencia en un medio ambiente hostil que a veces puede ser muy desfavorable. En el caso de las alpacas y llamas, esta lucha por los recursos ya no existe o es mínima. Las necesidades básicas de cuidado de amenazas y predadores, alimentación y bebida no son factores determinantes de éxito ya que todo esto es otorgado o proveído por el pastor. Es él quien cuida al rebaño de amenazas y predadores, lleva al ganado a pastear proporcionando alimento y se asegura que en el terreno haya agua o de pasar por un lugar donde haya. Al haberse reducido estos factores, el macho territorial puede abarcar un mayor número de hembras sin desmedro a su alimentación o condición física (Michaud, 2016).

Pastoralismo

En este contexto, una de las características que le permitió al hombre y a su ganado sobrevivir fue el conocimiento y adaptación a la variabilidad climática, usando patrones de movimiento estacional y prácticas relacionadas al pastoreo de los animales que replican las actividades de los silvestres. Entre las principales características de las sociedades de la puna se tiene: transhumancia estacional: cambios de residencia a fin de que los rebaños cuenten con pastizales en cada estación del año (seca y lluviosa), y patrón de poblamiento disperso y ausencia de centros poblados: la importancia de la 'estancia' alta (Flores Ochoa 1977).

Los criadores ocupan áreas silvestres y remotas de las principales ciudades para evadir el control sobre sus rebaños y prácticas particulares, aunque el territorio siempre estuvo bajo manejo antropogénico. "En los Andes australes existen formas ancestrales de ocupación del espacio y ejes de articulación que las poblaciones indígenas reconocen y consideran viables y vigentes, a pesar de diferir del sistema de articulación formal. En este sentido, proponemos que el territorio de esta región se ha construido a través de un proceso histórico complejo, en el que la sociedad pastoril siempre ha jugado un papel clave". (Ricard, Valdivia 2009, pág.15).

Las alpacas y llamas han vivido en grandes altitudes durante miles de años, soportando condiciones climáticas extremas. En este duro entorno, no se puede realizar agricultura y sólo hay tierras de pastoreo. Los Camélidos Sudamericanos desempeñan un papel esencial en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y son parte integral de su gestión. El mantenimiento de la funcionalidad del ecosistema andino está fuertemente interrelacionado con la prestación de servicios ecosistémicos clave y esto con el equilibrio de las interacciones y los procesos que ahí se desarrollan. En los últimos años, la reducción de los servicios ecosistémicos ha dado relevancia al mantenimiento de los ecosistemas. servicios y su manejo ancestral mediante el uso de técnicas tradicionales. El pastoreo y el conocimiento tradicional de los pastores de alpacas y llamas se ven no solo como una estrategia de adaptación a un ambiente salvaje, sino también su importancia en el manejo de la verticalidad y el mantenimiento de la funcionalidad de estos ecosistemas andinos.

Lejos de las ciudades principales y en pisos altitudinales con climas muy extremos se mantuvieron las crianzas tradicionales de estos animales, mediante las prácticas de pastoreo e intercambio de productos con tierras bajas. "El pastoreo no es solamente explotación y aprovechamiento de los recursos de un piso ecológico de los Andes y ajuste adaptativo a un medio ambiente difícil. Es también un complejo mundo ideológico, que prescribe pautas para la mejor utilización de estos recursos." (Flores Ochoa, 2013).

La biodiversidad y el conocimiento del medio ambiente es la estrategia de adaptación al cambio climático del hombre andino, el enfoque socio ecosistémico señala las fortalezas y abundancia de la riqueza

local como oportunidades de desarrollo, así como la identificación de riesgos socioambientales locales identificados por la población local - sasachakuy (Mujica 2017). El mantenimiento de la funcionalidad de los ecosistemas la mejor inversión a largo plazo, aspectos cuyo sustento y seguridad están garantizados en la cría sostenible de camélidos. La transmisión intergeneracional de conocimientos es un factor interno clave, también factores externos como el apoyo político y económico a las comunidades, son necesarios y se identifican como críticos en este proceso.

A nivel mundial, el "paradigma de eficiencia" prevaleciente, que considera únicamente la producción de productos versus el insumo de piensos de los sistemas ganaderos sin preocuparse por las externalidades en términos de pérdida de biodiversidad, contaminación, bienestar animal y valor nutricional, considera que el pastoreo es menos productivo que otras formas de cría de ganado. Pero para lograr la sostenibilidad, es necesario tener en cuenta todos estos aspectos (Köhler-Rollefson y Steane 2017). El sector ganadero debe esforzarse por mantener la biodiversidad, optimizando el reciclaje de nutrientes y manteniendo paisajes sostenibles y atractivos que garanticen el bienestar animal. El pastoreo es una de las pocas formas de cría de ganado que logra estos objetivos (Köhler-Rollefson 2020). Los pastores son criadores de ganado que se especializan en aprovechar la variabilidad y gestionar itinerarios de pastoreo en una variedad de escalas para que el ganado se alimente mejor que sin un pastor (Krätli 2019). El pastoreo andino es una importante actividad ancestral. El pastoreo ha existido en América del Sur durante más de 4 a 5 mil años, sin embargo, todavía está subrepresentado en la literatura, además de ser invisible en las políticas regionales y nacionales.

Según una clasificación adecuada a los criterios zootécnicos puede ser aquella que subdivide los cuatro tipos de razas en: 1) Raza primitiva, primaria o población tradicional, 2) Raza secundaria (o estandarizada) 3) Raza sintética o compuesta y 4) Raza mendeliana (Renieri 2009). Cada una de estas razas tiene ciertas condiciones mínimas y características para poder ser considerada como tal. Partiendo que la raza primaria es la más básica, tiene menos manejo tecnificado y que está constituida por animales que han quedado en los primeros niveles post-domesticación; hasta la raza mendeliana, estándar racial que necesita de Asociación de Criadores, 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 y comité técnico de expertos. Parecería que el estado primario o primitivo podría ser una desventaja, por el contrario, se convierte en una ventaja aprovechable debido a la gran variabilidad genética y reserva de genes que estas poblaciones poseen donde su crianza se puede orientar en muchas direcciones si los recursos son bien manejados, y es acá donde cobra vital importancia el conocimiento indígena y local.

Se entiende que el término "conocimiento indígena y local" (ILK por sus siglas en inglés) connota: "Cuerpos dinámicos de conocimientos, prácticas y creencias integrados, holísticos, sociales y ecológicos relacionados con la relación de los seres vivos, incluidas las personas, entre sí y con su entorno" (IPBES, 2020). Las actividades de los pastores ancestrales sudamericanos y sus prácticas tradicionales de gestión han sido utilizadas por la población local como estrategias para la adaptación al cambio climático en los Andes desde tiempos ancestrales. Los factores externos, como la economía y el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, afectan gravemente a estos sistemas socio ecológicos.

Una buena opción es trabajar con las llamas, que son el medio de transporte de la fibra de alpaca. Un trabajo especial con los llameros para revalorizar la especie como una opción más allá de la futura adaptación climática. De esta manera se recupera y promueve la cría de llamas, valorando su uso tradicional. la importancia de estas especies cuya alta tolerancia al estrés hídrico entre otras adaptaciones fisiológicas las convierten en una especie clave para el mantenimiento del ecosistema andino y el manejo de la verticalidad, y para "controlar y cubrir con las personas a su disposición el mayor número de ecosistemas

ecológicos". pisos" (Murra 1975: 50). La red de intercambio andina de la zona noroccidental de los Andes (actual Perú) articula 5 regiones; Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa y Puno, territorio geográfico que se conoce como T Andina y zona cero (Ricard y Valdivia 2012). Ante la sustitución de las llamas por transporte motorizado y reemplazo de los caminos tradicionales por pistas, carreteras y trochas, existen rutas actuales de caravanas de llamas que se están perdiendo o están desapareciendo. Por ejemplo, en Argentina las caravanas son actualmente escasas y están en peligro de extinción si no se han extinguido ya (Vilá 2018, Vilá 2020). Durante la pandemia cuando se cerraron todos los accesos e intercambios, la forma de abastecimiento en muchas comunidades altoandinas volvió a ser mediante el uso de las llamas cargueras para trasladar productos básicos y de primera necesidad y poder abastecer a los vecinos (observación personal del autor). La gestión de las llamas resulta estratégica y fundamental para escenarios de cambio climático, procesos de desertificación y stress hídrico.

Conflictos y Coexistencia

Visto la estrecha relación que se observa en los camélidos entre los parientes silvestres con sus formas domésticas, debemos agregar que las alpacas y llamas no solo interactúan con los silvestres vicuña y guanacos, sino también con su entorno y los seres que lo habitan tanto de Flora (toda vegetación,) como de fauna silvestre (incluye herbívoros, aves, carnívoros, etc.). Los terrenos que ocupan denominados pastizales incluyen pastos, humedales y turberas, estepas, matorrales desérticos, bosques de arbustos, entre otros. En estas áreas extensas ocupadas por vegetación que es pastoreada por herbívoros domésticos o silvestres, se producen interacciones y muchas de ellas escalan a nivel que pueden generar conflictos. Se puede definir el conflicto entre la fauna silvestre y las personas como "toda interacción entre ambos elementos, que conlleva algún impacto negativo en los sistemas sociales, económicos, culturales, la conservación de especies silvestres o el medio ambiente" (Bonacic 2007). Si bien esta problemática no es nueva, se ha ido incrementando cada vez más con el transcurso del tiempo debido a la presión en estos paisajes en donde las personas y la fauna cohabitan.

El conflicto humano-vida silvestre se reconoce como una preocupación mundial en el marco de la biodiversidad mundial posterior a 2020 del Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, y se recoge en la Visión de la ONU sobre la Biodiversidad 2050, en la que "la humanidad vive en armonía con la naturaleza y en la que la vida silvestre y otras especies vivas están protegidas". En relación con esto, muchos gobiernos están empezando a incluir la gestión de los conflictos entre los seres humanos y la vida silvestre en las políticas y estrategias nacionales para garantizar que se disponga de recursos para gestionarlos (CBD/COP/15/17).

Los conflictos entre los seres humanos y la vida silvestre tienen características ecológicas, culturales, sociales, históricas, físicas, económicas y políticas únicas que las estrategias para gestionar los conflictos deben tener en cuenta. Para el caso de los camélidos como se ha venido desarrollando en este artículo, el componente ecológico y la interacción es fundamental para la supervivencia de este medio de vida. Una característica de las estrategias de subsistencia es la variedad de recursos utilizados y su relación con el grado de dependencia de cualquiera de ellos, lo cual a su vez depende de la ubicación ecológica y cultural donde reside la gente (Flores Ochoa, 1977). En esta complejidad descrita es oportuno discutir sobre los conflictos y la coexistencia. Las interacciones del humano con la fauna silvestre son muy antiguas, complejas y estrechas al punto que esta última característica de cercanía ha generado mundos complejos desde el aspecto cultural y religioso, donde resaltan el entendimiento de los procesos ecológicos y su

proyección manifestadas en muchas prácticas que responden a estos procesos y en cierta forma los explican y muestran a las personas la forma correcta como abordarlos (Ricard 2007).

Aunque los seres humanos han coexistido con la fauna silvestre desde hace milenios, la competencia creciente por el espacio y los recursos hace que el sea un desafío mundial complejo, cada vez a mayor escala (WCC-2020-Res-101-ES). La Guía sobre conflictos y coexistencia entre humanos y vida silvestre (IUCN 2023), propone cinco principios fundamentales para una buena coexistencia entre el ser humano y la vida silvestre:

1. No dañar: regirse por el principio de la precaución, seguir las directrices éticas, evaluar el riesgo de consecuencias no deseadas, tener en cuenta que cada caso es diferente.
2. Comprender los problemas y el contexto: tratar de entender realmente a fondo qué es lo que está pasando en el caso que se quiere trabajar, evaluar los impactos del conflicto, así como el comportamiento humano.
3. Trabajar juntos: involucrar a las partes interesadas, desarrollar conjuntamente planes o estrategias, fomentar y apoyar las soluciones dirigidas a las comunidades.
4. Integrar la ciencia y la política: estudiar ambas perspectivas de la mano y entender que, si no existe un cambio a nivel político, no es posible realizar otras transformaciones.
5. Permitir caminos sostenibles: planear estas iniciativas de manera que sobrevivan en el tiempo.

Tipos de conflictos más comunes (no son los únicos) de los camélidos con Fauna Silvestre:

- Carnívoro – Herbívoro (predación) – presa. El caso más común, conflicto con los zorros y los pumas. En las localidades donde las actividades humanas y los grandes carnívoros se traslapan, existe la amenaza potencial de conflicto.
- Herbívoro – Herbívoro (competencia por pasto). La competencia con otros herbívoros por su abundancia: Familia Cervidae, Familia Camelidae: Competencia de alpacas con las vicuñas y conflicto social con los pastores. Generación de ingresos,
- Aves – Herbívoros (competencia por alimento), por ejemplo, en el caso de los camélidos por los bofedales con el ganso andino "wallatas" *(Oressochen melanopterus*), Ajoyas (*Fulica gigantea*) entre otras que principalmente ocupan humedales y turberas. Conflictos principalmente por el espacio. Caso de aves y agricultura en zonas bajas

La vida silvestre puede suponer una amenaza directa para la seguridad, los medios de vida y el bienestar de las personas. Los conflictos son complejos y que cada situación tiene características ecológicas, culturales, sociales, históricas, físicas, económicas y políticas únicas. Puede haber presiones para encontrar "soluciones rápidas" a los conflictos entre el hombre y la fauna, pero las acciones que no tienen en cuenta los contextos sociales y locales más amplios pueden tener consecuencias no deseadas y aumentar las tensiones. (UICN 2022). Los conflictos pueden ser descritos según su gravedad o nivel de alcance/gravedad en 03 niveles: 1) Disputa: sobre propiedad, seguridad, ingresos, acceso, daños, medios de vida; 2) Conflicto latente: historia de un evento recurrente que no tuvo resolución satisfactoria y 3) Conflicto profundamente arraigado: Que amenaza a los valores o la identidad social. (figura 4)

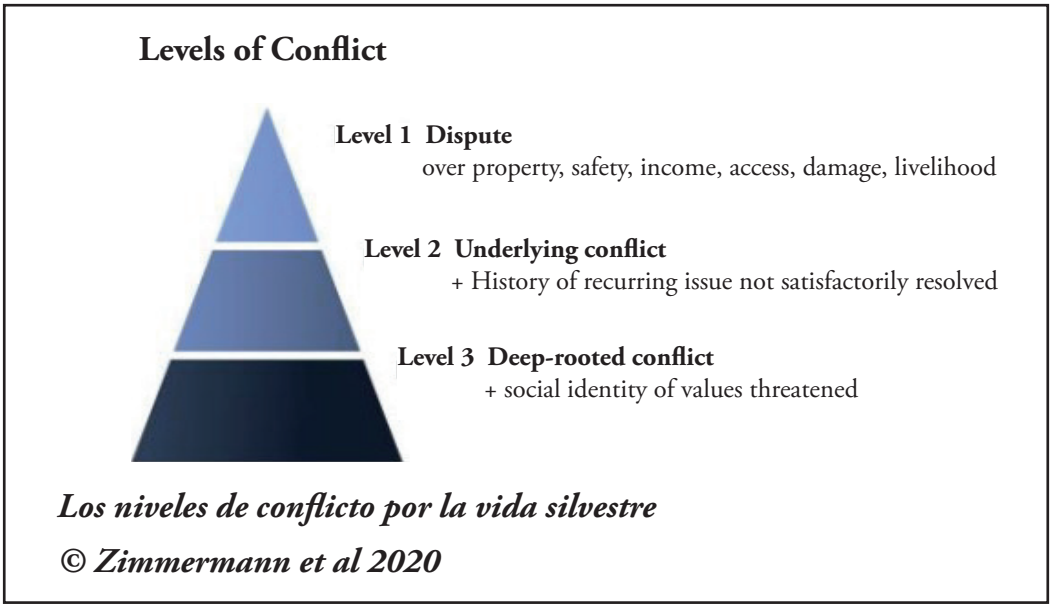


Figura 4: Niveles de Conflicto con la fauna silvestre (Zimmerman 2020).

Las intervenciones deben balancear la reducción de la vulnerabilidad de las actividades humanas y la protección de la fauna silvestre. Las intervenciones únicas generalmente no funcionan. Las características de los conflictos son específicas para cada localidad, ya que la amenaza, vulnerabilidad, conocimiento, percepciones y actitudes son específicos de cada lugar. Los conflictos entre la fauna silvestre y las actividades agropecuarias están generalmente localizados en el espacio y en el tiempo (Goldstein 2013) En muchos casos lo que se busca para evitar el conflicto es buscar evitar las interacciones, lo cual resulta poco sostenible, así como significa mucho esfuerzo e inversión. La problemática se vuelve más compleja cuando se trata de buscar culpables, muchas veces incluso las personas que denuncian estos hechos terminan en problemas. En los últimos años surgieron alternativas para abordar estos problemas de manera más colaborativa, alejándose de la perspectiva punitiva hacia las personas que denuncian casos o que experimentan conflictos con los animales. Por otro lado, las alternativas para reducir la ocurrencia y mitigar los daños siguen en consistiendo en medidas física por ejemplo cercos, vallas, barreras, los cuales en algunos casos tienen resultados positivos y en otros no tanto.

Los planteamientos de reducción de daños que parecen útiles en a una zona otra, sólo tienen éxito si se consiguen mediante procesos de consulta y colaboración con las partes interesadas. En el ámbito de las fincas ganaderas que enfrentan conflictos con pumas el objetivo es reducir la vulnerabilidad de los camélidos fortaleciendo la infraestructura a los criadores y estableciendo medidas como reforzar los corrales para que se vuelvan gradualmente más resistentes ante los depredadores. De esta manera, se busca facilitar la coexistencia entre los depredadores y las personas, sin que el ganado se encuentre expuesto de manera significativa a posibles ataques. El conocimiento, las percepciones y actitudes de la población local son una realidad de manejo y deben ser tratados de modo que permitan desarrollar intervenciones dirigidas hacia su cambio. La difusión de la información es un componente fundamental para poder cambiar estas variables.

Tipos de respuesta integrales y enfoques para el abordaje de la coexistencia:

A partir de los diferentes estudios de caso que se encuentran descritos en la literatura (HWCTF, SSC-UICN), hemos enumerado algunas formas de abordaje que pueden ser útiles

- Programas comunitarios de cámaras trampa
- Investigación Participativa
- Proyectos de ciencia ciudadana
- Aproximaciones desde la reducción de la pobreza
- Desarrollo de capacidades en las comunidades, institucionales y locales (e, f)
- Establecimiento de barreras físicas e involucramiento de actores
- Programas de guardianes comunitarios
- Esquemas de seguros y compensaciones por pérdidas económicas
- Entendimiento de los patrones de comportamiento animal
- Planificación para la coexistencia Humano-Fauna silvestre
- Planeamiento espacial para la coexistencia Humano-Fauna silvestre
- Planes de gestión de múltiples actores e intereses
- Usar los sistemas de gobernanza tradicionales para gestionar la competencia sobre los recursos (herbívoros)
- Narrativas culturales para dar significado a las situaciones de conflictos humano-fauna silvestre
- Preservar y promover las relaciones culturales que se encuentran profundamente arraigadas en las comunidades
- Explorar los potenciales y la viabilidad económica de compensaciones para esquemas más avanzados (servicios ambientales de la fauna silvestre).

En el caso del Perú, la Ley Forestal y de Fauna Silvestre promueve el aprovechamiento de la fauna silvestre sobre la mejor base científica disponible en todas sus dimensiones, pero no contempla directamente los conflictos entre la fauna silvestre y las actividades agropecuarias. Se viene construyendo la estrategia nacional de conflictos en el marco de la coexistencia, para este fin se tiene que desarrollar e interpretar claramente el marco normativo de protección a la fauna silvestre y sobre el manejo de conflictos para implementar los mecanismos de prevención y control e identificarse los actores en cada etapa del manejo de conflictos. Actualmente no se cuenta con una división de control animal, y aunque esta función corresponde a las autoridades regionales forestales y de fauna silvestre, no queda claro la forma de las intervenciones, muchas no cuentan con el entrenamiento y equipamiento adecuado, ni está clara la institucionalidad correspondiente para responder a este tipo de eventos. Los esfuerzos para evaluar y gestionar los complejos conflictos humano-vida silvestre requieren la colaboración de varias disciplinas y sectores, así como de otras instituciones particulares, la academia y la sociedad civil organizada.

En estos casos que hemos expuesto, el enfoque del conflicto es principalmente a los domésticos (alpacas y llamas). Sin embargo, existen otros factores e intereses actuales que es necesario discutir, dado el creciente interés económico por las vicuñas. En el Perú se aceptan dos formas de manejo: en silvestría y en semicautiverio. El modelo de silvestría es el que mejor se adecúa en términos ecológicos, respetando la libre expresión de conductas de la especie y sus interacciones con el entorno. El modelo en semicautiverio implica la construcción de cercos permanentes bastante grandes (cientos de hectáreas) donde se tiene una población de vicuñas en confinamiento para su mejor manejo durante la captura, así como control de amenazas externas, principalmente de caza furtiva, pero también de otras causas de disminución poblacional (predadores) y de competencia, (ganado doméstico y otras especies silvestres). En estas formas de manejo en semicautiverio en las poblaciones de vicuñas que viven en cercos permanentes se afecta no

solo el estatus de silvestría y los comportamientos de defensa propios de la especia y adaptación al hábitat transmitidos, además existen casos en que se realizan control a los predadores, lo cual afecta directamente el equilibrio del ecosistema.

Finalmente, es importante también mencionar algunos criterios y temas de los tiempos actuales, donde las enfermedades han adquirido enorme relevancia y ante lo cual se vienen respondiendo de manera global con acciones desde el enfoque Una Salud, que aborda la interacción cercana y continua entre las personas, los animales y el medio ambiente. Los criadores de camélidos andinos constituyen una importante fuente de resiliencia y pueden ser un excelente estudio de caso para la zona andina, en el afán de seguir encontrando alternativas y ejemplos para fortalecer los sistemas de salud, La coexistencia es una práctica ancestral que debe ser revitalizada y contemplar las alternativas conocidas y comprobadas que han permitido a los pastores andinos coexistir con su ambiente y construir un socio ecosistema adecuado. Y que la relación del hombre y la fauna silvestre en los andes es muy antigua, compleja, dinámica y directa, tomando en cuenta que la domesticación comprende la interacción de tres componentes: el comportamiento animal, el comportamiento humano y el comportamiento del entorno, las interacciones saludables son la mejor garantía de mantener este socio ecosistema de manera sostenible.

Conclusiones

Los camélidos andinos, tanto silvestres y domésticos, dependen de sus ecosistemas, y se relacionan de forma estrecha y directa con ellos y los seres vivientes de flora y fauna silvestre. Los camélidos continúan siendo parte integral del equilibrio de estos ecosistemas, garantizando la diversidad biológica y la protección con un enfoque de sostenibilidad basado en los medios de vida tradicionales y ancestrales. La observación del medio ambiente y la relación con los camélidos silvestres y sus características siguen siendo fundamentales para el manejo de los camélidos domésticos, en ello la movilidad es una característica clave, que genera una serie de interacciones con especies silvestres locales y migratorias. Mantener los medios de vida y prácticas tradicionales es fundamental para garantizar el funcionamiento y el equilibrio de los pastizales y el ecosistema. La integridad de este socio ecosistema coincide con lo descrito en el Enfoque Una Salud: Integridad y relación directa de la salud de las Personas, Animales y Medio ambiente. La interacción con la fauna silvestre desde el enfoque de la coexistencia es también muy importante para mantener estos procesos en el tiempo y es la mejor alternativa conocida y probada para garantizar la sostenibilidad.

Referencias

Anderson G.L. 2005. Rangeland Management. En: Encyclopedia of Soils in the Environment, Elsevier. Pages 360-365. https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00479-3

Baied, C., & Wheeler, J. (1993). Evolution of High Andean Puna Ecosystems: Environment, Climate, and Culture Change over the Last 12,000 Years in the Central Andes. Mountain Research and Development, 13(2), 145-156. doi:10.2307/3673632

Bergmann J, Vinke K, Fernández Palomino CA, Gornott C, Gleixner S, Laudien R, Lobanova A, Ludescher J, Schellnhuber HJ. 2021. Assessing the Evidence: Climate Change and Migration in Peru. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Potsdam, and International Organization for Migration (IOM), Geneva.

Bonacic C., N. Gálvez, J. Ibarra, et al. 2007. Evaluación del conflicto entre carnívoros silvestres y ganadería. (Informe Técnico). Laboratorio de Vida Silvestre Fauna Australis. Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Santiago, Chile

Bonavia, D., 1996. Los Camélidos Sudamericanos (Una introducción a su estudio). Instituto Francés de Estudios Andinos/Universidad Peruana Cayetano Heredia/ Conservation International.

Casas, Alejandro & Torres-Guevara, Juan & Parra, Fabiola. (2016). Domesticación en el continente americano. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. México

Casas, Alejandro & Torres-Guevara, Juan & Parra, Fabiola. (2017). Domesticación en el Continente Americano Volumen 2. Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el nuevo mundo. México

Casas, Alejandro & Parra, Fabiola. (2016a). Domesticación como proceso evolutivo. En: Domesticación en el continente americano Cap. 4

Casas, Alejandro & Parra, Fabiola & Vázquez, José & Rangel-Landa, Selene & Vallejo, Mariana & Figueredo-Urbina, Carmen & Moreno Calles, Ana. (2016b). Origen de la domesticación y la agricultura: cómo y por qué. En: Domesticación en el continente americano Cap 7

CBD/COP/15/17. 2023. Conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica. 15ª reunión, parte II y continuación de la parte II Montreal (Canadá), 7 a 19 de diciembre de 2022 Nairobi, 19 y 20 de octubre de 2023

Child, M. F., Selier, S. J., Radloff, F. G., Taylor, W. A., Hoffmann, M., Nel, L., Power, J., Birss, C., Okes, N. C., & Peel, M. J. (2019). A framework to measure the wildness of managed large vertebrate populations. Conservation Biology

Flores Ochoa Jorge A. 1977. Pastores de Puna = Uywamichiq punarunakuna. Instituto de Estudios Peruanos. Lima - Peru

Flores-Ochoa, J., 2013. UYWA MICHIQ PUNARUNAKUNA. El Antoniano. Revista Científico Cultural de la Universidad San Antonio Abad del Cusco, 23 (122)

Fromentin, J.M., Emery, M. R., Donaldson, J., Hallosserie, A., Michaud-Lopez, C. E., Parma, A., St. Martin, K., and Stockland, H. (2022). Chapter 1: Setting the scene. In: Thematic Assessment Report on the Sustainable Use of Wild Species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Fromentin, J.M., Emery, M.R., Donaldson, J., Danner, M.C., Hallosserie, A., and Kieling, D. (eds.). IPBES Secretariat, Bonn, Germany. https://doi.org/10.5281/zenodo.6425671

Goldstein, Isaac. (2013). Lineamientos técnicos y estrategias para el manejo de conflictos por interferencia entre fauna silvestre y actividades agropecuarias.

IPBES. (2020a). DRAFT - Methodological guidance for recognizing and working with indigenous and local knowledge in IPBES. IPBES. https://ipbes.net/indigenous-local-knowledge

IPBES (2022). Thematic Assessment Report on the Sustainable Use of Wild Species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Fromentin, J.M., Emery, M.R., Donaldson, J., Danner, M.C., Hallosserie, A., and Kieling, D. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. https://doi.org/10.5281/zenodo.6448567

INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática). 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Sistema de consulta de datos, versión 1.0. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Disponible en: http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/

Köhler-Rollefson I. 2020. Accounting for pastoralists: Why is it important and how to do it? League for Pastoral Peoples and Endogenous Livestock Development, Ober-Ramstadt, Germany

Köhler-Rollefson Ilse and D Steane. 2017.Opinion paper: Are we on the right track toward livestock sector sustainability? Animal (2017), 11:12, pp 2111–2112. doi:10.1017/S1751731117001513

Krätli, S., 2019. Pastoral Development Orientation Framework: Focus on Ethiopia. Aachen: Misereor. doi: 10.13140/RG.2.2.31890.40641

Ley N° 29763. Ley Forestal y de Fauna Silvestre Perú

Ley 26496, Régimen de la Propiedad, Comercialización y Sanciones por la Caza de las Especies de Vicuña, Guanaco y sus Híbridos

Michaud C.E. 2016. Selección artificial y domesticación de camélidos en la región andina del Perú. En: Domesticación en el continente americano Cap. 11

MINAM (Ministerio de Ambiente) 2016. El Peru y el cambio climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2015. Situación de las actividades de crianza y producción de Camélidos Sudamericanos. Ministerio de Agricultura y Riego: http://minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-producci/298-camelidos-sudamericanos?limitstart=0

MINAM (Ministerio de Ambiente del Perú) 2014. Peru: Mountain Country Facing the Challenges of Climate Change. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/peru-pais-montanas

Moya E, Torres J. 2008. Familias alpaqueras enfrentando al cambio climático. Propuesta de adaptación tecnológica de la crianza de alpacas frente al cambio climático en Cusco. Soluciones Prácticas. Lima

Moura, Nara. (2015). Libro de Resúmenes Domesticación y Manejo de Recursos Genéticos Simposio Latinoamericano. Pp 51

Mujica Luis. 2016. Pachamama Kawsan: Hacia una Ecología Andina. Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energias Renovables. INTE-PUCP. Lima - Peru.

Murra John V. 1975. Formaciones económicas y políticas del mundo andino. Instituto de Estudios Peruanos IEP. Lima - Peru

PNUD - United Nations Development Programme (2016) Latin America and the Caribbean: A biodiversity super power.

Postigo JC. 2012. Cambio Climático, Movimientos Sociales y Políticas Públicas Una Vinculación Necesaria Instituto de Ciencias Alejandro Lipschutz (ICAL).

Poveda G, Espinoza JC, Zuluaga MD, Solman SA, Garreaud R and van Oevelen PJ (2020) High Impact Weather Events in the Andes. Front. Earth Sci. 8:162. doi: 10.3389/feart.2020.00162

Renieri, C., E.N. Frank, A.Y. Rosati y M. Antonini y 2009. Definición de razas en llamas y alpacas. Animal Genetic Resources Information, 45: 45–54.

Ricard Lanata X. 2007. Ladrones de sombra, el universo religioso de los pastores del Ausangate. Instituto Francés de Estudios Andinos IFEA y Centro Bartolome de las Casas CBC. Lima - Perú

Ricard Lanata X, Valdivia G. 2009. Tejedores de espacio en los Andes: Itinerarios agropastoriles e integración regional en el sur peruano, Centro Bartolome de las Casas CBC. Cusco - Perú

Rolando J, Turin C, Ramírez D, Mares V, Monerris J, Quiroz R. 2016. Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. Agriculture, Ecosystems and Environment 236 (2017) 221-233.

Salaverry O. (2012) Food in ancient Peru: haku mikumusum (lets go to eat!). Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica [online]. vol.29, n.3, pp.409-413. ISSN 1726-4634.

Torres-Guevara, Juan & Parra, Fabiola & Casas, Alejandro. (2017). Panorama de los recursos genéticos en Perú.

IUCN (2020). IUCN SSC Position Statement on the Management of Human-Wildlife Conflict. IUCN Species Survival Commission (SSC) Human-Wildlife Conflict Task Force. Disponible en: www.iucn.org/theme/species/publications/policies-and-position-statements

IUCN (2020) WCC-2020-Res-101 Addressing human-wildlife conflict: fostering a safe and beneficial coexistence of people and wildlife.

Disponible en: www.iucncongress2020.org/motion/117

IUCN (2022). Human-wildlife conflict. Issues Brief by IUCN. Switzerland. Disponible en: https://www.hwctf.org/_files/ugd/7acc16_8f8dc6796ed942c8be8fd6600ba4ae8c.pdf

IUCN (2023). IUCN SSC guidelines on human-wildlife conflict and coexistence. First edition. Gland, Switzerland: IUCN. Disponible en: https://www.hwctf.org/guidelines).

IUCN (2024) Species Survival Commission (SSC) Human-Wildlife Conflict Task Force. Case Studies. Disponible en: https://www.hwctf.org/case-studies

UNODC (2024) World Wildlife Crime Report 2024: Trafficking in Protected Species. Disponible en: https://www.unodc.org/lpomex/es/noticias/mayo-2024/informe-mundial-sobre-los-delitos-contra-la-vida-silvestre-y-los-bosques-2024.html

Valdivia G. 2013. El Neoliberalismo y las Sociedades Pastoriles del Sur Andino: Un caso de extrema exclusión y pobreza en los andes peruanos. En: La construcción social de la pobreza en América Latina y el Caribe. Perspectivas alternativas y críticas. Buenos Aires: CLACSO

Vilá B (2002) La silvestria de las vicunas, una caracteristica esencial para su conservacion y manejo. EcologÌa Austral 12:79 N82. Asociacion Argentina de EcologÌa

Vilá B, Arzamendia Y. 2020. South American Camelids: their values and contributions to people. Sustain Sci (2020). https://doi.org/10.1007/s11625-020-00874-y

Vilá B (2018) In the brink of extinction: llama caravans arriving to the Santa Catalina fair, Jujuy. J Ethnobiol 38:372–389. https://doi.org/10.2993/0278-0771-38.3.372

Yacobaccio H. D. y B. Vilá (2013). La domesticación de los camélidos andinos como proceso de interacción humana y animal. En: Intersecciones en Antropología 14 227-238

Zapata, J & Wallace, Robert & Treves, Adrian & Morales, A. (2012). Manejo de conflictos entre humanos y animales silvestres en Bolivia: guía de acciones.

HOLISTIC SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF LIVESTOCK PRODUCTION SYSTEMS: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

W. Zollitsch, BOKU University, Vienna, Austria

From the 18th until the first half of the 20th century, sustainability primarily meant securing the availability of natural resources for human use. This changed in the 1970ies, when sustainability was described as a state of ecological and economic stability. The definition of sustainable development formulated in 1987 in the "Brundtland Report" of the World Commission on Environment and Development is still considered an important basis of a modern concept of sustainability. This was further elaborated towards a common understanding of sustainable development as the overlapping of an ecological, economic, and social dimension. Today, this is reflected in the UN Agenda 2030 for Sustainable Development, which contains 17 Sustainable Development Goals (SDGs). These are not interchangeable and cannot be achieved by pursuing individual goals in isolation.

Agriculture and particularly livestock production have been discussed in a sustainable development context since several decades. In a critical report by the FAO (2006), the contribution of livestock-related greenhouse gas emissions to climate change and the threat to global food security due to direct and indirect feed – food-competition have been identified as two major sustainability issues connected to livestock production. More recently, the planetary boundaries-concept (Richardson et al., 2023) emphasizes the necessity to critically analyze the role of livestock production, particularly concerning climate change, biosphere integrity, land system change and biogeochemical flows. The use of methodologically and technically appropriate tools for sustainability assessment is a key factor for the provision of sound scientific evidence on livestock production systems' sustainability performance. While in the past assessments mostly focused on one or very few impact categories, state of the art sustainability assessments shall follow a more holistic approach, ideally implemented using a LCA (life cycle assessment) concept. SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems; FAO, 2014) may serve as an example for a framework for sustainability assessment. The perspective covered shall include relevant impact categories from the ecological, economic and social dimension of sustainability, ideally integrating animal welfare indicators.

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA CRIANZA DE LLAMAS

EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF LLAMA PRODUCTION

Maria Wurzinger[1,2*], Julissa Candio[2], Gustavo Gutiérrez[2]

[1]BOKU-University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria
[2]UNALM-universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru
maria.wurzinger@boku.ac.at

Llamas still play a vital role for about 95,000 rural families in the Peruvian High Andes. They provide meat, fiber, and manure for agricultural production, are used as pack animals, and form part of the cultural heritage. Meat is mostly used for home consumption as access to formal markets is limited. The production system can be described as a low-input, pasture-based system at an altitude of 4000m and above. High poverty rates and a low human development index are characteristics of llama-rearing regions. These figures show that these farmers are marginalized geographically and socially. Although llama husbandry's importance for rural areas is repeatedly emphasized, there is no functioning agricultural extension service, hardly any investment, and no longer-term development plans. Harsh climatic conditions have always marked smallholders' living conditions in the Peruvian Andes. Nowadays, farmers see their livelihoods more and more challenged by environmental and economic changes. Many, especially young people, see migration to urban agglomerations as the only alternative for their future. So far, there has been no comprehensive assessment of lama husbandry's sustainability to develop possible strategies for a successful future.

Therefore, this study takes a case study approach and aims to evaluate the sustainability of the llama-keeping activities of a communal cooperative in the Pasco region in the central Peruvian Andes. The cooperative owners are smallholder farmers who jointly manage their llamas on communal grazing land. The SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture) guidelines (version 3.0) developed by FAO were used to assess the four dimensions: governance, social, ecological, and economic sustainability. Of the 116 proposed indicators, 67 were considered relevant for the study. For evaluating each indicator, information was taken from management documents of the cooperative, reports, and Master theses. Interviews with the management board and staff members were also carried out. The first results indicate shortcomings in all four themes, especially economic ones. Although, according to the FAO, this method is also suitable for smallholder farms, evaluating some indicators was challenging due to missing or inaccurate data. The study shows that farmers' efforts alone are not enough, but that public long-term support, such as creating sales markets and the provision of technical know-how, is also needed.

IMPACTO DE LA MEJORA EN PRODUCTIVIDAD SOBRE LA HUELLA DE CARBONO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EXTENSIVO DE ALPACAS

G. Gómez Oquendo; K. Salazar-Cubillas; V. Alvarado; C. A. Gómez-Bravo

El objetivo de esta investigación fue estimar la huella de carbono (HC) de la producción de alpacas con diferentes porcentajes de saca y su productividad por animal. La estimación siguió el protocolo ISO 14040 y las directrices del IPCC, abarcando emisiones de dióxido de carbono (CO2), óxido nitroso (N2O) y metano (CH4), tanto directas como indirectas. Las emisiones directas incluyen las de la fermentación entérica y excretas en praderas y corrales, mientras que las indirectas se derivan de actividades como el uso de electricidad en la granja. La unidad funcional (UF) fue definida como un kilogramo de peso vivo (PV) de alpaca, con coproductos como la fibra blanca y de color. El sistema de asignación que se utilizó fue la asignación biofísica para determinar la HC con diferentes porcentajes de saca (10, 15, 20, 25 y 30 por ciento), comparando estos con el valor real de saca del 20 por ciento. Los porcentajes de saca varían según estudios previos y sistemas de manejo productivo. Para determinar la HC bajo diferentes porcentajes de saca, se desarrollaron modelos poblacionales de alpacas usando parámetros productivos y reproductivos, considerando escenarios con diversos porcentajes de natalidad (20, 31, 54, 70 y 95 por ciento). La investigación encontró que, al aumentar el porcentaje de saca, aumenta también la producción de fibra para venta y la HC de la fibra y la carne de alpaca disminuye. Esto se debe a que las emisiones de gases de efecto invernadero se distribuyen entre una mayor cantidad de PV y fibra producida, reduciendo así la HC por unidad de producción. Así mismo, se presentará el efecto de incremento de productividad tanto en peso de fibra como de saca de la población animal. Los resultados sugieren que incrementar la productividad puede no solo reducir la HC, sino también mejorar los márgenes económicos de la explotación, contribuyendo a la sostenibilidad del modelo productivo. En ese sentido, alcanzar niveles de productividad aceptables es crucial para reducir el impacto ambiental y asegurar la viabilidad económica de la producción alpaquera.

Palabras claves: Asignación, Camélidos Sudamericanos, ciclo de vida, metano.

REALIDAD PRODUCTIVA Y ECONÓMICA EN LOS AGROECOSISTEMAS ALPAQUEROS DE CHIMBORAZO – ECUADOR

PRODUCTIVE AND ECONOMIC REALITY OF ALPACA AGROECOSYSTEMS CHIMBORAZO, ECUADOR

Marcelo Moscoso Gómez[1]*; Madelin Restrepo Calderón[2]; Maritza Vaca Cárdenas[3]; [4]Raquel Colcha Ortíz.

[1]Proyecto Alpacas IDIPI323, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
[2]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
[3]Proyecto Alpacas IDIPI323, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador
[4]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
* mmoscoso@espoch.edu.ec

En los cantones Colta, Guamote, Alausí, Riobamba y Guano, provincia Chimborazo, Ecuador, se encuestaron a 37 criadores de alpacas, con el objetivo de identificar su dinámica productivo – económica y adquirir información para implementar un modelo de desarrollo sostenible. Las encuestas fueron analizadas usando la estadística descriptiva y el método de Ward. En relación a las variables sociales, se encontró que el núcleo familiar tiene 2 hijos (31,42%), destacándose el sexo masculino (50,3%), además el nivel educativo mayor es secundaria (42,7%), y la PEA fue del 81,53%, (entre 15 a 65 años). En relación con el sistema de producción, se dividió los rebaños en 3 categorías según la producción de fibra (18, 52 y 60 kg/año); 63,3% de la superficie usan en agricultura y 41,8% en ganadería, se desatacó la producción de papa, leche vacuna y fibra de alpaca. Las unidades productivas agropecuarias están ancladas entre 2300 y 3500 msnm, de 6 a 18 °C, 85% de humedad, y 400 a 2000 mm/año de precipitación; el suelo es franco arenoso, profundo, fértil, 6,4 de pH, y 4,1% de materia orgánica. En el análisis económico, la mayoría de los rubros agrícolas trabajan a pérdida excepto en la pecuaria donde la leche vacuna (1,09), lana de ovino (1,25) y las alpacas (1,3 y 1,4 para carne y fibra ~~lana~~ en su orden) respondieron con un beneficio costo aceptable. Se concluye que existe potencialidad para convertir estos sistemas desde eminentemente productores de leche a la producción de alpaca (carne y fibra); y contribuir a la tendencia del pastizal natural y economía familiar campesina.

Palabras claves: Alpaca, Agroecosistema, Caracterización, Chimborazo.

FACTORES SOCIOECONÓMICOS, MEDIOAMBIENTALES E INNOVACIONES EN EL SISTEMA DE MANEJO DE LA VICUÑA EN LA PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO - PERÚ

SOCIOECONOMIC, ENVIRONMENTAL FACTORS AND INNOVATIONS IN THE VICUÑA MANAGEMENT SYSTEM IN THE PROVINCE OF LUCANAS, AYACUCHO – PERU

Hernán Jorge Ñahuinlla Vicencio[1a]; Oswaldo Villena Carpio[1b]; Sabina Pillaca Mitma[2c]

[1]Programa de Maestría en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural – Ciencias Agrarias - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
[2]Facultada de Zootecnia – Universidad Nacional Agraria La Molina
[a] hjnaed@hotmail.com, boswaldo.villena@georgetown.edu, [c]spillaca@lamolina.edu.pe

La captura y esquila de vicuñas para la obtención de fibra, constituye una de las principales fuentes de ingresos de las familias de las zonas altoandinas del Perú. Esta investigación se realizó en la provincia Lucanas (Ayacucho), quien cuenta con 62 133 vicuñas de acuerdo al último censo (2014), que la convierte en la región con el mayor número de vicuñas. En este contexto, se analizó cómo los factores socioeconómicos, medioambientales e innovaciones tecnológicas están asociados al sistema de manejo de la vicuña y sus impactos en la conservación de la vicuña. Se analizaron 11 organizaciones, procesándose 1579 registros de captura y esquila de vicuñas de los años 2005 al 2016, datos de temperatura y precipitación de la estación meteorológica de Puquio de los años 1962 al 2014, y se complementó con encuestas. Para el análisis de la data se empleó el software R Studio. Los resultados muestran que los factores socioeconómicos son los que más han influido, permitiendo una mayor especialización, mientras que las variables medioambientales indican que la temperatura promedio anual del modelo predictor tiene una tendencia ligeramente decreciente, asimismo, las innovaciones tecnológicas han conducido a una tendencia negativa en la productividad de fibra de la vicuña. Se concluye que los factores socioeconómicos han permitido una mayor reinversión en infraestructura física, así como el desarrollo de habilidades marcadas según edad y género, mientras que los factores medioambientales muestran que la precipitación de los últimos 50 años tiene una tendencia constante de 400 mm (± 220) y la temperatura, una tendencia a la disminución, en promedio 1 (± 1) °C en los próximos 4 años y en referencia a los impactos, muestra una sobreexplotación de las vicuñas, sustentada en las proyecciones al 2025 con un promedio de la productividad de fibra de 130 (±18) g por vicuña esquilada.

Palabras claves: Vicuña, innovación, conservación, sistema, tendencia.

SOSTENIBILIDAD Y BIODIVERSIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ALPACA PERUANA: UN ENFOQUE INTEGRADO

Julia Bello-Bravo[1*]

[1] Department of Agricultural Science Education and Communication, Purdue University, West Lafayette, IN, USA
mbellobr@purdue.edu

El pastoreo de alpacas constituye la columna vertebral del sustento de aproximadamente 1,5 millones de pastores en las regiones andinas del Perú, y sustenta no sólo el sustento económico sino también un rico patrimonio cultural. Las alpacas, criadas principalmente por su fibra de alta calidad, también desempeñan un papel crucial en la biodiversidad del ecosistema andino. Históricamente integrales de la civilización andina, las alpacas todavía contribuyen a los paisajes ecológicos y culturales, influyendo en todo, desde la agricultura hasta los rituales indígenas. Domesticados hace más de 6.000 años, estos animales sustentan a las comunidades a través de fibra, carne y otros subproductos. A pesar de los reveses históricos, incluido el contacto europeo que casi llego a extinguir estos animales y las recientes fluctuaciones económicas, Perú sigue siendo el principal productor de fibra de alpaca, crucial para la industria textil. Sin embargo, la sostenibilidad de este sector enfrenta importantes desafíos derivados de la internacionalización de la fibra de alpaca. La diversidad genética de las alpacas está disminuyendo, impulsada por las preferencias del mercado por la fibra blanca, lo que socava la resistencia de la raza a los cambios ambientales. El cambio climático exacerba estos problemas, altera los hábitats y las fuentes de alimentos y aumenta las tasas de mortalidad, especialmente entre los recién nacidos. Los cambios sociales, incluida la migración de jóvenes y la pérdida de conocimientos tradicionales, amenazan la continuidad de las prácticas de pastoreo ancestrales adaptadas contemporáneamente. Este documento conceptual utiliza una lente integrada multifacética para examinar los desafíos ambientales, económicos y sociales que enfrenta el uso sostenible de la alpaca, enfatizando la conservación de la diversidad genética, la mayor adaptación de las prácticas ancestrales de pastoreo a las condiciones sociales y climáticas cambiantes y la revitalización del compromiso comunitario. y conocimientos tradicionales para la producción sostenible en el futuro. Sobre la base de investigaciones anteriores (Bello-Bravo, 2020), este artículo destaca la importancia de lograr una sostenibilidad de triple resultado mediante la integración de la conservación de la biodiversidad ambiental, la viabilidad económica del pastoreo de alpacas y la conservación cultural y el bienestar comunitario en torno a las prácticas tradicionales contemporáneas.

Palabras claves: producción de alpaca, sustentabilidad, biodiversidad, cultura andina, adaptación al cambio climático.

Referencias

Bello-Bravo, J. (2020). Managing biodiversity & divinities: Case study of one twenty-year humanitarian forest restoration project in Benin. World Development, 126, 104707. doi:10.1016/j.worlddev.2019.104707

DEMOGRAFÍA ZOOTÉCNICA APLICADA A LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS DOMÉSTICOS

ZOOTECHNICAL DEMOGRAPHY APPLIED TO DOMESTIC SOUTH AMERICAN CAMELIDS

Michel Victor Hubert Hick[12*]; Alejandro Prieto[1]; María Flavia Castillo[1]; Alfonso Flores Gutiérrez[3]; Rubén Herberht Mamani Cato[4]; Marcia Marisol Paredes Peralta[5]; Eduardo Narciso Frank[1,2]

[1] IRNASUS, CONICET - Universidad Católica de Córdoba, Argentina
[2] Universidad Nacional de La Rioja - Sede Chamical, Argentina
[3] Becario Proyecto PICT-2020-SERIE A 02869, FONCyT, Argentina
[4] Instituto Nacional de Innovación Agraria, Anexo Experimental Quimsachata, Puno, Perú
[5] Consultora en Genética Molecular, Arequipa, Perú
*michel.hick@ucc.edu.ar / mhick@unlar.edu.ar

La Demografía zootécnica rama científica de la Etnozootecnia, posibilita posicionar geográficamente poblaciones animales y cuantificar su potencial productivo, identificar caracteres útiles para planes de mejoramiento y establecer indicadores de biodiversidad. La Estructura Poblacional (EP) es una metodología demográfica que permite dichas acciones. Se presentan resultados y alcances de estudios demográficos en Camélidos Sudamericanos Domésticos en diferentes regiones. En todos los estudios se usó la EP con el mismo protocolo de campo y de laboratorio para el procesamiento de la muestra de vellón obtenida: información vital, biométrica y productiva, características morfológicas y tiempo de crecimiento del vellón. En laboratorio se clasificó las muestras por criterios de calidad de fibra: pigmentación de mecha, tipo de mecha y finura de mecha. Se determinó además diámetro medio (DM), coeficiente de variación del DM y longitud de mecha. Se calcularon frecuencias relativas ponderadas y medidas resúmenes con sus respectivos errores estándar. En Argentina, en la Puna de la Provincia de Jujuy se relevaron entre 1991 y 2008, 173 tropas de llamas, 17.022 animales declarados (EFT1) y se obtuvieron 10.973 muestras (EFT2). Entre 2022 y 2023, al noroeste de Abra Pampa (Puna Jujeña), se relevaron en 5 comunidades 27 tropas, con un EFT1 y EFT2 de 1.842 y 1.473. En Perú se relevaron en 2014, 22 tropas mixtas en dos comunidades de la Provincia de Tacna con un EFT1 y EFT2 de 3.688 y 2.051. En 2018 se relevó en el banco de germoplasma de llamas y alpacas del Centro de Investigación y Producción Quimsachata, (Puno), un EFT1 y EFT2 de 2.478 y 2.458. En todos los casos se observó que las tropas y regiones observadas conservan una importante variabilidad en los tipos de animales y en los criterios de clasificación. En cuanto al DM la mayoría de la fibra de encuentra por debajo de 25µm.

Palabras Claves: Variabilidad, Etnozootecnia, Estructura Poblacional.

EJE TEMÁTICO VI:

FIBRA Y SU TRANSFORMACIÓN

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LOS PRECIOS DE LA FIBRA DE ALPACA EN EL PERÚ

Villanueva Pinedo, María Elena

Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
20240253@lamolina.edu.pe

Los principales países con población de alpacas *(Vicugna pacos)* son Perú y Bolivia en América del Sur. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2019), para el año 2018, el 80 por ciento de la población mundial también se encontraba en estos en dos países, en el Perú un poco más del 70 por ciento y encontrándose la mayor parte de la población nacional en el departamento de Puno, así como el 57 por ciento aproximadamente de la producción de fibra de alpaca (FA) incluida ésta en la categoría de fibras finas. De acuerdo con su destino la FA está clasificada como un producto de exportación porque tiene la preferencia, las características y existe demanda del mercado externo. Esta fibra tiene un enorme potencial en la generación de ingresos por divisas y empleo, en el crecimiento del PBI del sector, la disminución de la pobreza y la mejora del bienestar de población involucrada en esta actividad. Qué variables influyen en la obtención de este producto en el Perú. El principal objetivo fue evaluar las variables producción y precios de la FA, para el período 1990-2019, mediante métodos cuantitativos utilizando información estadística secundaria disponible de instituciones oficiales. Se tuvo que, para periodo estudiado, la tasa de crecimiento de la producción de FA fue de 1,14 por ciento, los precios reales (2009=100) para la mayoría de los años se mantuvieron por encima del nivel de referencia y se obtuvo que el 77,3 por ciento de la producción de FA es explicada por la variable tipo de cambio. Se generaron algunas alternativas para los inconvenientes que se encontraron alrededor de este producto que permitirán orientar las políticas al respecto, como incentivar el desarrollo tecnológico con el propósito de tener FA de mejor calidad y adicionalmente añadirle mayor valor agregado.

Palabras clave: Producción pecuaria, precios, alpaca, fibra de alpaca.

Referencia:

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Dirección General de Política Agrarias, Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. 2019. Potencial productivo y comercial de la alpaca. https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/350

Villanueva, M. 2023. Evaluación de la producción y los precios de la lana de ovino y fibra de alpaca en el Perú. [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae, Universidad Nacional Agraria La Molina].https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6024

NUEVOS CRITERIOS DE SELECCIÓN EN ALPACAS HUACAYA

Edgar Carlos Quispe Peña[1,2] y Max David Quispe Bonilla

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico Natural Fiber´s Tech SAC, La Molina, Lima
[2]Laboratorio de Innovaciones Tecnológicas, Maxcorp Technologies SAC., La Molina, Lima

Resumen

En el presente trabajo se sustenta la inclusión de la densidad de fibra, la tasa de medulación y la incidencia de fibras objetables con el objetivo de mejorar el peso de vellón y la calidad de la fibra de alpaca, basado en diferentes experimentos, pues bajo el contexto actual es posible la medición de dichos caracteres en forma objetiva, práctica, económica y no invasiva mediante tres innovaciones tecnológicas peruanas (FIBER DEN, FIBER MED y FIBER MULT). El FIBER DEN permite determinar la cantidad de fibras y la cantidad de conductos pilosos existentes en la piel de alpacas por mm2. Mediante ella se ha demostrado que dichas características tienen relación directa con el peso de vellón e inversa con el diámetro medio de las fibras. Complementariamente, el FIBER MED, determina la incidencia de fibras de camélidos por tipo de medulación. De este modo, tomando una muestra de fibra de alpaca es posible conocer el porcentaje de fibras que no tienen médula, con medulación fragmentada, discontinua, continua y fuertemente meduladas en tan solo 40 segundos, lo que anteriormente tomaba alrededor de 3 horas por muestra. Adicionalmente el Fiber Mult, permite determinar la incidencia de fibras objetables, y adicionalmente, también determina la densidad de fibras, el perímetro y área transversal, eje mayor y menor e índice de elipticidad. Finalmente, se recomienda seleccionar a favor de la eliminación de fibras fuertemente meduladas y fibras con medulación continua, lo cual anularía el factor de picazón, mejoraría el rendimiento durante la transformación textil y también permitiría obtener hilos y telas y vestidos de apariencia uniforme, lo que sería beneficioso para el productor, pues obtendría mejores beneficios por su fibra, y también para la industria textil, que obtendría mejores productos textiles.

Palabras clave: Camélidos domésticos, densidad de fibras, fibras objetables, medulación, mejoramiento genético.

Introducción

Vivimos una época de crisis causado por los fenómenos ambientales, naturales, sociales y económicos, que repercuten en la disminución de la calidad de vida de los seres humanos (Delgado, 2022); sin embargo, aunque las crisis son problemas urgentes para atender, también constituye una oportunidad para mejorar nuestros procesos y productos a través de la ganadería local, a fin de mejorar los ingresos del productor y de todos los involucrados en la cadena productiva.

La producción de fibra de alpaca constituye una alternativa y estrategia para mejorar los ingresos de las familias pobres y muy pobres, quienes son las que principalmente se dedican a dicha actividad (Quispe et al., 2013). La fibra de alpaca es un producto muy escaso y tiene propiedades tecnológicas y textiles muy particulares, por lo que la industria lo cataloga como fibra especial y las prendas que se elaboran en base a ella son productos de lujo (Wang et al., 2003).

Un mejor aprovechamiento de este producto requiere urgentemente incrementar la calidad y cantidad de fibras, pues éstos son los principales determinantes al momento de la comercialización, que permite obtener mejores ingresos por la venta de la fibra, pero que también se puede extender a la venta de animales reproductores, semen, embriones, ovocitos, entre otros.

El diámetro medio de la fibra (DMF) es una de las características importantes (aunque no el único) que determina la calidad de la fibra, debido a su incidencia en la comercialización y en los diferentes procesos de su transformación (McGregor, 2006). Los esfuerzos de alpaqueros, técnicos y profesionales peruanos (a nivel público y privado) en torno a la caracterización y mejoramiento vienen teniendo resultados objetivos, y a la fecha se ha demostrado que el DMF se encuentra entre 21 y 23 µm (Montes et al., 2008; PECSA, 2016; Quispe et al., 2009), habiéndose encontrado rebaños con DMF de 18.4 µm y animales hasta de 12.4 µm (Figura 1); por tal consideración algunos investigadores recomiendan no incidir específicamente en dicha característica, sino de considerar otros criterios de selección, para mejorar la calidad de la fibra de alpaca, que actualmente tiene el inconveniente de contener fibras objetables (FOB) que producen una serie de problemas, que repercuten en el precio de dicha materia prima.

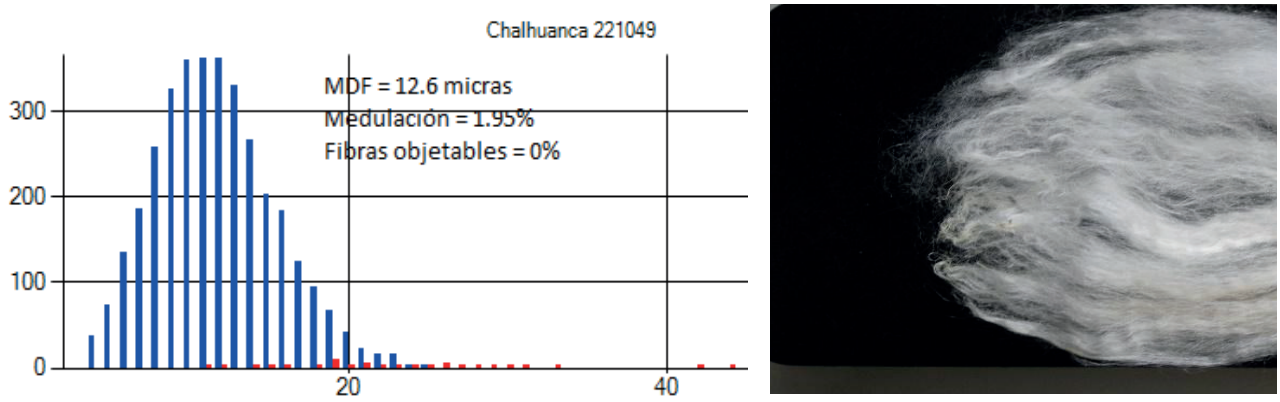


Figura 1: A la izquierda, histograma del DMF no medulada (en azul) y con médula (en rojo) de muestra de fibra de alpaca con finura similar al de la vicuña. A la derecha, se observa la respectiva muestra. Información obtenida con el FIBER MED.

El peso de vellón (PVe) resultaría ser un buen criterio de selección, cuando el objetivo de mejora es incrementar la cantidad de fibra por animal, pero tiene dos inconvenientes: a) Dificultad para un registro exacto en campo, pues el periodo de crecimiento entre esquilas varia no existe uniformidad en la consideración del peso total del vellón (¿incluir solo manto? ¿incluir bragas y pedazos?) y además el medio ambiente afecta fuertemente la determinación del peso; y b) Tiene relación directa con el DMF, de modo que al seleccionar animales que producen buen PVe se produciría paralelamente el engrosamiento de las fibras o viceversa, tal como fue demostrado por Wuliji (2017) quien durante un proceso de selección alpacas por más de 9 años logró disminuir el DMF desde 18.02 hasta 16.67 µm, con el inconveniente que también redujo el PVe desde 1.43 a 0.72 kg/animal. Por ello, resulta primordial encontrar otros criterios que tengan relación directa con el PVe, pero inversa con el DMF.

Figura 2: A la izquierda, muestra de fibra de alpaca sin contaminantes (MDF = 18.2 µm). A la derecha, otra muestra de fibra de alpaca muy fina, pero contaminada con fibras fuertemente meduladas (MDF = 18.0 µm).

Actualmente el problema principal que afecta a la calidad de la fibra de las alpacas es el picor que produce en la piel de las personas, al contacto con prendas elaboradas en base a ella. El picazón estaría ligado directamente a las fibras fuertemente meduladas (FFMed) y a una gran parte de las fibras con medulación continua (conocidas como FOB) que generalmente son extremadamente gruesas (Pinares et al., 2019; Quispe et al., 2022), por lo que son consideradas como defecto y contaminante del vellón de las alpacas (Figura 2). Las fibras objetables producen un considerable descuento del precio en el mercado, similar a lo que ocurre con el mohair (McGregor & Butler, 2004), por lo que muchos investigadores señalan que debiera seleccionarse las alpacas teniendo como criterio de selección la incidencia de medulación (Cruz et al., 2019; Pinares et al., 2019), aunque más específicamente la incidencia de fibras objetables (Quispe et al., 2022). La eliminación de las FOB mejoraría la calidad de las fibras, que tendría repercusión favorable en la economía de los productores y la industria textil.

Bajo estas consideraciones, en el presente manuscrito se proponen tres novedosos criterios de selección, para mejorar la calidad y cantidad de fibra de alpacas, los cuales, a pesar de su conocimiento e importancia, no podían ser tomadas en cuenta debido a la laboriosidad y costo que involucraba las mediciones objetivas de dichos criterios.

Densidad de fibras y conductos pilosos

Existen al menos tres conceptos acerca de la densidad de fibras (DenFib) evaluada en forma objetiva (Bosman, 1934); sin embargo, para el presente manuscrito consideraremos que la DenFib es la cantidad de fibras existente dentro de 1 mm^2 de piel de un animal, mientras que la densidad de conductos pilosos (DenCond) conceptualizaremos como la cantidad de conductos pilosos (conductos por donde emergen las fibras) existentes dentro de 1mm^2 de piel de un animal (Quispe & Quispe, 2019). De un conducto piloso pueden emerger uno o más fibras, por lo tanto, la DenFib es siempre mayor que la DenCond (Figura 3).

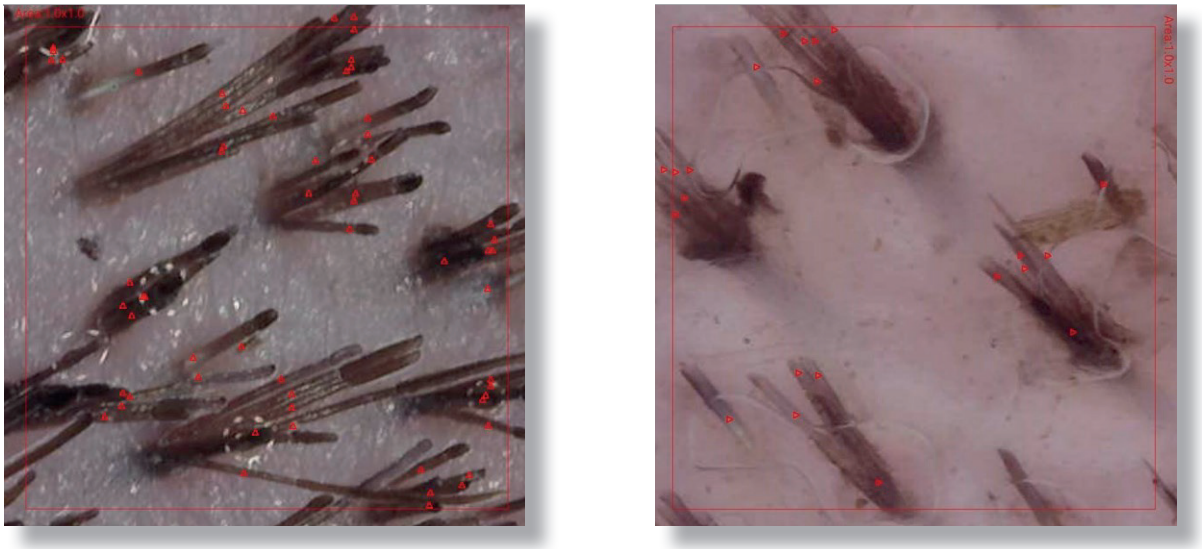


Figura 3. Contaje de fibras y conductos pilosos por mm^2. A la izquierda se encontró una densidad de 55 fibras/mm^2 y 13 conductos pilosos/mm^2, que correspondería a una alpaca con alta densidad. A la derecha se encontró solo 22 fibras/mm^2 y 7 conductos pilosos/mm^2.

En la crianza animal con fines de producir fibras, lana o pelos, la densidad de fibras es un criterio muy importante para la selección animal. Matthews (1951) hace más de 70 años indicó la necesidad de implementar una metodología precisa y rápida para su medición, pues asumiendo que existe una fibra por cada folículo piloso (Nagorcka et al., 1995), la DenFib estaría relacionada con la producción y calidad de fibras, de modo que a mayor DenFib existiría mayor PVe, pero también menor diámetro de fibra (Matthews, 1951).

El método más común para obtener la DenFib en ovinos es coger con la mano un conjunto de mechas en el animal, y determinar la compactación y densidad táctilmente, pero Bell et al. (1936), demostraron que este es un método "groseramente impreciso". Otro método es el contaje de una porción de 500 fibras previamente pesadas y por ponderación, con el peso de una porción más grande tomada de un área determinada, se estima el número de fibras (Bosman, 1934). Burns & Miller (1931), tomaron en cuenta el peso de la muestra, volumen y gravedad específica de la lana; mediante la fórmula N=W/(S*A*L), donde N es el número de fibras, S la gravedad especifica de la lana adoptada como una constante 1.30, A es el promedio del área seccional de las fibras y L es la longitud promedio de la medición de 50 fibras tomadas aleatoriamente. Lamentablemente, todos estos métodos son muy laboriosos, requieren mucho tiempo y por tanto no son prácticos.

Recientemente nuestro grupo de investigación logró la creación de un dispositivo y procedimiento no invasivo para determinar la DenFib en camélidos (Quispe & Quispe Bonilla, 2017). La forma de uso del procedimiento y dispositivo es conocido como Fiber Den (Quispe & Quispe Bonilla, 2019). Se trata de un mini microscopio modificado que permite capturar imágenes de piel de un área determinada (generalmente 1 mm^2) y luego las imágenes pasan a ser contadas con la ayuda de un software propietario. El procedimiento de toma de imágenes en una zona de la piel debidamente preparada puede tomar entre 3 a 4 minutos, mientras el contaje de fibras puede llevar entre 1 y 2 minutos, por lo que en promedio el procedimiento tomaría entre 4 a 6 minutos por animal.

El Fiber Den, se viene utilizando, en muchos lugares y especies animales, para estudios de DenFib y DenCond, principalmente (Quispe Peña & Quispe Bonilla, 2019). De este modo, se determinó en

alpacas que, la DenFib puede variar desde 11 hasta 65 fibras/mm^2, mientras que la DenCond varía desde 5 hasta 15 conductos pilosos/mm^2. También se tiene conocimiento que de un conducto piloso puede emigrar desde 1 hasta 8 fibras, y que los conductos pilosos de donde emigran solamente una sola fibra corresponderían a folículos primarios (Quispe & Quispe Bonilla, 2019).

Tabla 1. Resultados de la evaluación de índices de selección bajo 5 escenarios, teniendo como objetivo de selección el incremento del peso de vellón (PVe) y disminución del diámetro medio de fibra (DMF)

Escenario	Indice de selección	Exactitud	Progreso genético(1)		Cambio genético en 10 años(2)		Beneficio económico (3)	Beneficio relativo(4)
			PVe	DMF	PVe	DMF		
1	6.71 x **Pve** -1.23 x **DMF**	0.53	0.08	-0.27	0.38	-1.33	36.10	1.00
2	0.74 x **DenFib** +0.22 x **DMF**	0.61	0.08	-0.31	0.42	-1.56	41.37	1.15
3	0.94 x **DenFib** -0.65 x **DensCon**	0.63	0.08	-0.37	0.39	-1.85	42.38	1.17
4	1.29 x **Pve** + 0.86 x **DensFib** - 0.57 x **DensCon**	0.63	0.09	-0.30	0.45	-1.52	42.72	1.18
5	0.28 x DMF + 1.0 x **DensFib** - 0.69 x **DensCon**	0.63	0.09	-0.30	0.46	-1.50	42.68	1.18

Progreso genético por generación y unidad de desvío estándar del índice
(2) Cambio genético acumulado en cada alpaca al cabo de 10 años de selección con intensidad de 1.5 y un intervalo generacional de 3 años.
(3) Beneficio económico adicional en un hato de 100 alpacas y valores económicos de la Tabla x.
(4) Beneficio económico relativo al escenario 1.

A fin de evaluar la relación fenotípica de la DenFib y DenCond con el DMF y el PVe, se han realizado diversos experimentos, en los cuales se ha confirmado que la DenFib y DenCond tienen relación directa con el PVe, variando la correlación entre 0.36 y 0.44, y entre 0.12 y 0.44, respectivamente. También se ha determinado que la DenFib y DenCond tienen relación inversa con el DMF, habiéndose obtenido correlaciones negativas que varían de -0.17 a 0.66, y de -0.36 a -0.77, respectivamente. Adicionalmente, se planteado 5 escenarios variando los criterios de selección, pero con el único objetivo de incrementar el PVe y disminuir el DMF. Los resultados son mostrados en la Tabla 1. En ella, se puede observar que los mejores resultados (exactitud, cambio genético y beneficio económico) se logran cuando se consideran como criterios de selección la DenFib y DenCond (Quispe et al., 2023).

Asimismo, recientemente se ha podido determinar los parámetros genéticos de la densidad de fibras, densidad de conductos y otras características ligadas a la calidad y cantidad de fibras de alpacas, obteniéndose las heredabilidades más altas para la DenCond y DenFib (0.40 y 0.47, respectivamente) y que la DenFib tiene una relación directa con el PVe y la densidad obtenida mediante evaluación subjetiva (SubjDen), pero inversa con el DMF y la tasa de medulación. También se encontró que la selección a favor de SubjDen mejoraría el PVe, pero no el DMF (Ver Tabla 2). Resumiendo, podemos indicar que:

- La DenFib y la DenCond, se pueden medir en forma objetiva, práctica y no invasiva mediante el procedimiento y equipo denominado FIBER DEN, que es un invento peruano patentado.
- La Denfib y DenCond, tienen correlación fenotípica y genotípica positiva con el PVe y negativa con el DMF, por lo que la selección de animales con alta DenFib y DenCond, conllevarían también a obtener animales con fibra fina y buen peso de vellón.
- La selección mediante criterios objetivos de densidad (DenFib y DenCond) producirían mejores resultados que criterios subjetivos (SubjDen).

- La DenFib y DenCond utilizado como criterios de selección para mejorar PVe y DMF, permite una mayor exactitud, cambio genético y beneficio económico, que cuando se considera como criterios de selección PVe y DMF.

Tabla 2. Heredabilidades (en diagonal) y correlaciones genéticas (encima de la diagonal) ± error estándar.

Caracteres	DenCond	DenfFib	SubjDen	DMF	Medulación	PVe
DenCond	0.40±0.05	0.75±0.05	-0.08±0.02	-0.05±0.05	-0.09±0.06	0.03±0.06
DenfFib		0.47±0.03	**0.21**±0.04	**-0.50**±0.04	-0.11±0.04	**0.36**±0.06
SubjDen			0.34±0.02	0.08±0.06	0.19±0.07	**0.50**±0.05
DMF				0.31±0.01	**0.50**±0.06	**0.35**±0.05
Medulación					0.28±0.01	0.24±0.05
PVe						0.16±0.01

DenCond: Densidad de conductos pilosos/mm^2; DenFib: Densidad de fibras/mm^2; SubjDen: Puntuación de densidad obtenida mediante evaluación subjetiva; DMF: Diámetro medio de fibras; Medulación: Porcentaje de fibras meduladas; PVe: Peso de vellón. En negrita correlaciones genéticas favorables. En rojo correlaciones genéticas desfavorables.

Por tales consideraciones recomendamos incluir dentro de los programas de mejoramiento genético de fibra de alpaca, considerar a la DenFib y DenCond como criterios de selección únicos o complementarios cuando se requiere incrementar el peso de vellón y disminuir el diámetro medio de las fibras.

Medulación de la fibra de alpaca

Una característica particular de las fibras de alpaca es que muchas de ellas contienen un espacio hueco que recorre a lo largo de las fibras, en forma interrumpida o continua. Por tanto, las fibras de alpaca se clasifican como: Fibras no meduladas (F_NoMed), con medulación fragmentadas (F_MedFrag), discontinua (F_MedDisc), continua (F_MedCont) y fuertemente meduladas (FFMed). Esta última tiene una médula muy grande (mayor al 50 o 60% del DMF), y que es conocida como fibra fuertemente medulada o fibra objetable (Lupton et al., 1991).

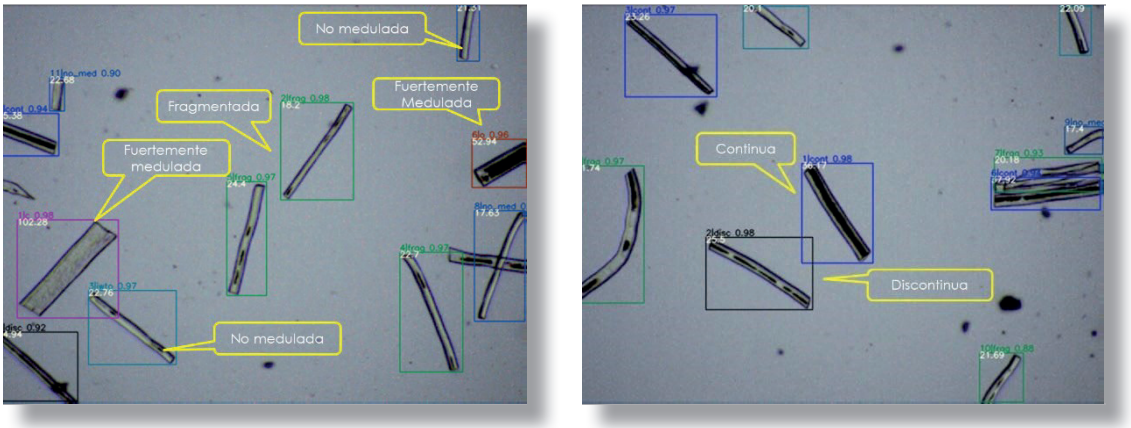


Figura 4. Diferentes tipos de fibra de acuerdo a su medulación, identificadas automáticamente mediante el dispositivo Fiber Med.

La presencia de medulación en las fibras de alpaca en cierto modo es considerado ventajoso para el animal, pues gracias a ellas exhiben una mayor capacidad termorreguladora (Wang et al., 2005) y las prendas elaboradas en base a ellas son más livianas (Czaplicki, 2012). Sin embargo, para la industria textil las fibras meduladas, especialmente las FFMed y gran parte de las F_MedCont (en conjunto son denominadas FOB) son consideradas defectos, ya que serían las responsables de ocasionar una sensación desagradable en forma de pinchazos conocido como picazón, cuando las prendas elaboradas en base a ellas se usan en contacto con la piel (Frank et al., 2014). Asimismo, las FOB brindan una apariencia heterogénea en las telas y tejidos que disminuye el precio del producto (McGregor & Butler, 2004), pues durante el procesamiento textil se quiebran rápidamente incrementando la proporción de desechos (Gupta et al., 1981).

Tabla 3: Estadísticos descriptivos del tipo de medulación (en %), diámetro de fibras (µm) por tipo de medulación y en forma global (n=302). Tomado de Quispe et al. (2023)

Variables	Promedio	Desviación estándar	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo
Fibras evaluadas (n)	2112.4	880.18	1954.50	336.75	5353.00
Tipo de medulación					
· F_NoMed (%)	58.64	23.75	60.07	1.88	95.19
· F_MedFrag (%)	17.12	8.69	17.27	2.79	39.27
· F_MedDisc (%)	7.63	6.42	5.74	0.22	36.02
· F_MedCont (%)	15.36	11.23	11.23	0.73	69.32
· FFMed (%)	1.25	2.20	0.37	0.00	16.24
· Medulación total (%)	41.36	23.75	38.02	4.81	98.13
MDF de fibras:					
· F_NoMed (µm)	19.60	2.26	19.43	15.04	25.72
· F_MedFrag (µm)	23.00	2.06	22.81	18.56	28.94
· F_MedDisc (µm)	25.62	1.86	25.47	20.98	31.74
· F_MedCont (µm)	28.65	1.70	28.44	24.03	34.18
· FFMed (µm)	37.82	4.96	37.97	24.23	57.61
· Meduladas (µm)	25.78	2.16	25.57	20.55	33.44
· Global (µm)	22.10	3.19	22.07	15.48	33.30

Estudios sobre tipos de medulación en fibras de alpacas, se han realizado principalmente con el microscopio de proyección, y con cantidades reducidas de muestras (Pinares et al., 2019; Radzik-Rant et al., 2021; Radzik-Rant & Wiercińska, 2021; Villarroel, 1963), o con pocas lecturas por muestras (Aruquipa, 2015; Contreras, 2010; Villarroel, 1963), debido a la laboriosidad que involucra su determinación. Otros estudios con mayor cantidad de muestras se han llevado a cabo utilizando el OFDA100 (Aylan-Parker & McGregor, 2002; Cruz et al., 2019b; Lupton et al., 2006; McGregor, 2006; X. Wang et al., 2003) que evalúa la incidencia de fibras meduladas y no meduladas en base a la opacidad (Balasingam, 2005); sin embargo, se ha demostrado que dicho dispositivo subestima los valores de medulación de fibras mohair hasta en 8% (Lee et al., 1966) y de alpacas en forma considerable, existiendo a la vez amplias diferencias con valores de medulación obtenidos por el microscopio de proyección (Pinares et al., 2018; Torres , 2020).

Recientemente, Quispe et al. (2020) inventaron un medulador electrónico y automático (al que denominaron Fiber Med) que permite determinar la incidencia de fibras por tipo de medulación, analizando al menos 1000 fibras/muestra en apenas 40 segundos. De este modo, se ha podido determinar el porcentaje de fibras meduladas que varía alrededor del 50%, y que existen alpacas en cuyos vellones no existe contaminación de FFMed, pero también existen otras donde su incidencia es más del 16% (Tabla 3).

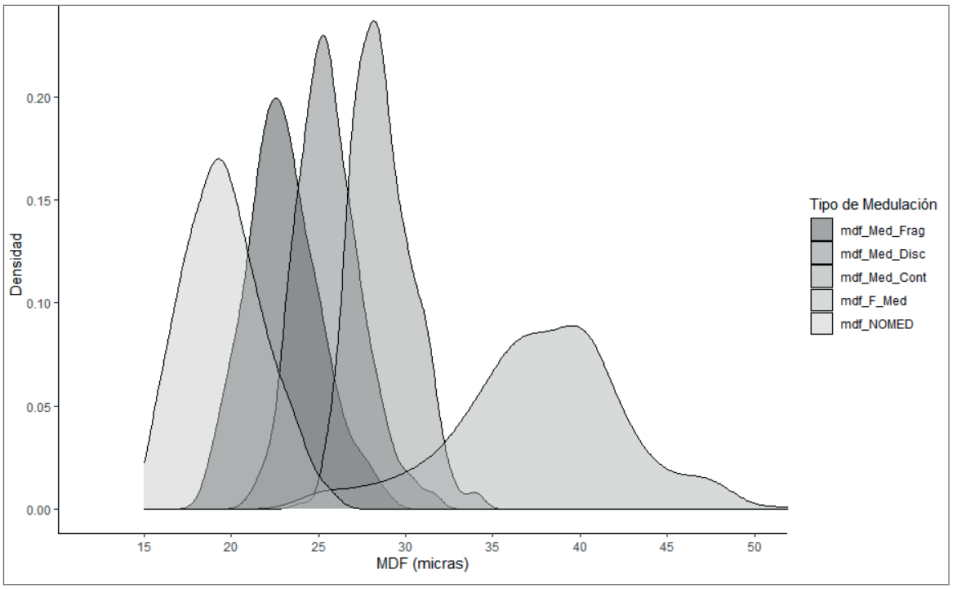


Figura 5. Gráfico de densidad, mostrando la distribución del diámetro de fibra por tipo de medulación: MDF de fibras no meduladas, fragmentadas, discontinuas, continuas y fuertemente meduladas. (n=302). Tomado de Quispe et al. (2022).

Adicionalmente, se ha podido determinar que casi la totalidad de las FFMed tienen un DMF generalmente por encima de 27 µm, mientras que las F_NoMed, F_MedFrag, F_MedDisc comúnmente tienen un DMF mucho menor que 27 µm (Figura 5), concluyéndose que dichas fibras serían las responsables del problema del picazón (Quispe et al., 2022). De otro lado, como en alpacas aún no se demostrado que el diámetro de la fibra sea útil con respecto al picazón, por tanto el factor de confort basado en el diámetro de la fibra no sería un buen indicador de la comodidad real (Pinares et al., 2018), por lo que muchos investigadores actualmente van recomendando que la incidencia de fibras meduladas y específicamente las FFMed deben ser consideradas como nuevo criterio de selección (Cruz et al., 2019b; Pinares et al., 2018, 2019; Quispe et al., 2022), teniendo como finalidad eliminar de los vellones la presencia de fibras fuertemente meduladas, tal como se ha logrado en la lana de ovinos merino. Sin embargo, recientemente, se ha podido comprobar que no solamente las FFMed son fibras objetables, sino también una gran parte de las F_MedCont.

Recientemente, se ha determinado los parámetros genéticos de las fibras por tipo de medulación (Cruz et al., 2024), habiéndose encontrado heredabilidades de 0.20 y 0.11 para F_MedCont y FFMed, y que éstos tienen correlación negativa con el la F_NoMed y F_MedFrag, lo que conduce a inferir que si se seleccionan animales en contra de estas fibras, se incrementaría las F_NoMed y F_MedFrag, lo cual resulta deseable (Tabla 4).

Independientemente del mejoramiento genético, otra forma de eliminar las FFMed y gran parte de las F_MedCont sería mediante el proceso de descerdado, sin embargo, Wang et al. (2003) demostró que

dicho procedimiento no brinda buenos resultados, pues al descerdar fibras de alpaca de clase media (con MDF entre 25.1 y 30.0 µm) encontró que solo una pequeña porción de fibras gruesas son removidas, y adicionalmente el 58.3% de fibras con diámetro menores a 30 µm también fueron removidas, indicando que la eficiencia del proceso del descerdado es muy baja. Este proceso se debería que las alpacas tienen vellones de una sola capa, contrariamente a las fibras de llamas o cachemira, donde el descerdado brinda buenos resultados.

Tabla 4: Heredabilidad (en la diagonal), correlaciones genéticas entre características (encima de la diagonal), ratio de varianzas medioambientales permanente y sus correspondientes errores estándar (entre paréntesis), repetibilidad (R) y correlaciones fenotípicas (debajo de la diagonal para diferentes categorías de medulación (Cruz et al., 2024).

	F_NoMed	F_MedFrag	D_MedDisc	D_MedCont	FFMed
F_NoMed	0.25 (0.01)	0.23 (0.02)	-0.29 (0.03)	-0.65 (0.02)	-0.57 (0.02)
F_MedFrag	0.33 (0.02)	0.18 (0.01)	0.60 (0.03)	-0.45 (0.02)	-0.66 (0.02)
D_MedDisc	-0.26 (0.02)	0.57 (0.01)	0.10 (0.01)	0.15 (0.03)	-0.51 (0.02)
D_MedCont	-0.49 (0.02)	-0.18 (0.02)	0.40 (0.02)	0.20 (0.01)	0.15 (0.03)
FFMed	-0.42 (0.02)	-0.78 (0.01)	-0.69 (0.02)	-0.26 (0.02)	0.11 (0.01)
c2	0.09 (0.01)	0.16 (0.01)	0.18 (0.01)	0.16 (0.01)	0.01 (0.01)
R	0.34 (0.01)	0.34 (0.01)	0.28 (0.01)	0.35 (0.01)	0.12 (0.01)

De acuerdo con lo indicado anteriormente, podemos concluir que:

- Actualmente existe la tecnología para evaluar la incidencia de fibras en base al tipo de médula que contiene. Esta tecnología es barata, no laboriosa, rápida, no necesita personal entrenado, es objetiva y por tanto práctica.
- Las fibras fuertemente meduladas y gran parte de las fibras con medulación continua están muy relacionadas al exagerado grosor de las fibras, y por tanto, serían las responsables de ocasionar el picazón en los usuarios cuando utilizan prendas confeccionadas por fibras que tienen estos tipos de medulación.
- Existe una alta variabilidad en la incidencia de FFMed (desde 0 hasta 16%) y de F_MedCont (desde 0.73 hasta 69.32), y por tanto se cuenta con alpacas con vellones que carecen o tienen muy poca incidencia de este tipo de fibras.
- No todas las fibras que tienen médulas son las responsables del picazón. Más bien aquellas como las F_MedFrag y F_MedDisc, son las que brindan buena capacidad térmica y bajo peso a las fibras de alpaca.

Por tales consideraciones, recomendamos que las FFMed y gran parte de las F_MedCont deben ser eliminadas de los vellones de las alpacas, mediante la selección animal, por lo que debiera ser considerada como criterio de selección obligatorio en los programas de mejoramiento genético de la fibra de alpacas.

Fibras objetables en el vellón de la alpaca

Tabla 5: Diámetro medio de fibras y médulas, así como la relación entre ellas de las fibras visualmente objetables.

Tipo de medulación	DMF (µm)	DMM (µm)	(DMM/DMF)*100
Continua	38.19 (7.96)	14.45 (4.92)	37.73 (8.85)
Discontinua	35.11 (6.2)	9.53 (2.91)	27.05 (6.16)
Fuertemente medulada	51.59 (16.68)	30.48 (16.48)	56.76 (13.2)
Fragmentada	32.96 (3.14)	7.6 (1.62)	22.93 (3.37)
Total	43.2 (13.79)	20.39 (13.6)	44.51 (14.65)

*DMF, diámetro de fibra; DMM, diámetro de médula. N=34, 954 fibras evaluadas.

Las fibras objetables (FOB) son generalmente visualizadas con gran facilidad, por tal motivo, recientemente hemos realizado una caracterización de ellas habiéndose determinado algunas de sus características (Tabla 5). Así, se ha podido observar que casi el 94% de las FOB ostentan F_MedCont (57.5%) y FFMed (36.8%), y que los demás muestran medulación discontinua (4.7%) y medulación fragmentada. Asimismo, la razón del diámetro medio de la médula (DMM) con el DMF se encuentra alrededor de 44.51%, encontrándose FOBs con DMF entre a 24 y 120µm, y con DMM entre 20 a 100 µm.

La obtención de dichos resultados pasó por la extracción de las FOBs identificadas visualmente utilizando una pinza, y su posterior evaluación se realizó mediante el procedimiento descrito por Quispe y Quispe (2018) utilizando un microscopio de proyección computarizado y semiautomatizada al que se denomina Medulómetro.

Figura 5. Fotografías de las FOBs: A la derecha se observa el proceso para la obtención manual de las FOBs, y a la izquierda se observan FOBs con diferentes tipos de medulación.

Basado en dichas características, recientemente se ha construido un primer prototipo del dispositivo denominado FIBER MULT, que es capaz de evaluar la incidencia de fibras objetables, en muestras de fibras de alpacas al corte transversal. Adicionalmente, dicho prototipo es capaz de calcular la densidad, el

perímetro y área transversal de las fibras expresados en µm y µm^2, determinar el eje mayor y eje menor de las fibras y médulas, así como calcular la relación entre dichos ejes al que se denomina índice de elipticidad, demostrándose que las fibras de alpaca en su mayor parte son fibras de tipo elíptico más no de forma circular, por lo que se cuestionaría el uso de MDF para este tipo de fibras. Aún se viene trabajando en la validación de dicho prototipo, pero estimamos que será de gran utilidad para la mejora de la cadena de la fibra de los camélidos.

Referencia:

Aruquipa, M. (2015). Evaluación de la calidad de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) en dos localidades del municipio de Catacora, departamento de La Paz [Thesis]. http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/6906

Aylan-Parker, J., & McGregor, B. A. (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. Small Ruminant Research, 44(1), 53–64. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00038-X

Balasingam, A. (2005). The definitions of medullation threshold values used by different testing methods to define an objectionable medullated fibre in Merino Wool.

Bell, D. S., Spencer, D. A., & Hardy, J. I. (1936). The Influence of Various Factors Upon the Growth and Quality of Fine Wool as Obtained from Merino Sheep [Boletín].

Bosman, V. (1934). The Determination of Fleece Density in the Merino Sheep. Journal of Veterinary Science and Animal Industry, 3(1), 217–221.

Burns, R. H., & Miller, W. C. (1931). Sampling instruments to determine fleece density in sheep. Journal Textile Institute, 12, 547–564.

Contreras, A. (2010). Estructura y características físicas de la fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) de color blanco. Universidad Nacional de Huancavelica.

Cruz, A., Morante, R., Gutiérrez, J. P., Torres, R., Burgos, A., & Cervantes, I. (2019a). Genetic parameters for medullated fiber and its relationship with other productive traits in alpacas. Animal, 13(7), 1358–1364. https://doi.org/10.1017/S1751731118003282

Cruz, A., Morante, R., Gutiérrez, J. P., Torres, R., Burgos, A., & Cervantes, I. (2019b). Genetic parameters for medullated fiber and its relationship with other productive traits in alpacas. Animal, 13(7), 1358–1364. https://doi.org/10.1017/S1751731118003282

Cruz, A., Murillo, Y., Burgos, A., Yucra, A., Morante, R., Quispe, M., Quispe, C., Quispe, E., & Gutiérrez, J. P. (2024). Genetic parameters for different types of medullated fibre in Alpacas. Journal of Animal Breeding and Genetics, jbg.12861. https://doi.org/10.1111/jbg.12861

Czaplicki, Z. (2012). Properties and Structure of Polish Alpaca Wool. Fibres & Textiles in Eastern Europa, 1(90), 8–12.

Delgado, J. V. (2022). Papel de las razas ganaderas locales ante las crisis mundiales. Libro de Resúmenes del XXIII Simposio Iberoamericano Conbiand XIII y Congreso Ibérico SERGA/SPREGA sobre Recursos Genético Animales, 19.

Frank, E., Hick, M., Castillo, M. F., Prieto, A., & Adot, O. G. (2014). Fibre-Based Components Determining Handle/Skin Comfort in Fabrics Made from Dehaired and Non Dehaired Llama Fibre. International Journal of Applied Science and Technology, 4(3), 51–66.

Gupta, N. P., Arora, R. K., & Verma, G. K. (1981). An Assessment of the Characteristics of Medullated and Non-medullated Wool Fibres. Indian Journal of Textile Research, 6, 92–95.

Lee, J. A., Maher, A. P., Frampton, C. M., & Randford, S. L. (1966). Comparison of medullation in the same fiber sites using OFDA. IWTO Technical and Standards Committee, Special Topics Group, Capetown, South Africa.

Lupton, C. J., McColl, A., & Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. Small Ruminant Research, 64(3), 211–224. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.023

Lupton, C. J., Pfeiffer, F. A., & Blakeman, N. E. (1991). Medullation in mohair. Small Ruminant Research, 5(4), 357–365. https://doi.org/10.1016/0921-4488(91)90073-Y

Matthews, D. J. (1951). An Evaluation of Wool Density Sampling Procedures When Using the Wira Fleece Caliper. Utah State Agricultural College.

McGregor, B. A. (2006). Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. Small Ruminant Research, 61(2), 93–111. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.001

McGregor, B. A., & Butler, K. L. (2004). Contribution of objective and subjective attributes to the variation in commercial value of Australian mohair: Implications for mohair production, genetic improvement, and mohair marketing. Australian Journal of Agricultural Research, 55(12), 1283–1298. https://doi.org/10.1071/AR04107

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(1), 33. https://doi.org/10.5424/sjar/2008061-5258

Nagorcka, B. N., Dollin, A. E., Hollis, D. E., & Beaton, C. D. (1995). A technique to quantify and characterize the density of fibres and follicles in the skin of sheep. Australian Journal of Agricultural Research, 46(8), 1525–1534. https://doi.org/10.1071/AR9951525

PECSA. (2016). Mapeo de la calidad de fibra de alpaca en la Región Puno. Gobierno Regional Puno.

Pinares, R., Gutiérrez, G. A., Cruz, A., Burgos, A., & Gutiérrez, J. P. (2019). Variabilidad fenotípica del porcentaje de fibras meduladas en el vellón de alpaca Huacaya. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30(2), 699–708. https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16098

Pinares, R., Gutiérrez, G. A., Cruz, A., Morante, R., Cervantes, I., Burgos, A., & Gutiérrez, J. P. (2018). Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. Small Ruminant Research, 165, 93–100. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.04.007

Quispe Bonilla, M., & Quispe Peña, E. (2018). Innovaciones Tecnológicas agropecuarias. En Libro de resúmenes del 1er. Congreso Internacional: Innovaciones Tecnológicas Agropecuarias. (Universidad Nacional Autónoma de Chota, Vol. 1, pp. 30–34).

Quispe, E. C., & Quispe Bonilla, M. D. (s. f.). Mini microscopio digital modificado y procedimiento no invasivo para determinar densidad de conductos y fibras de camélidos (INDECOPI Patent). https://lp.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=54&ND=3&adjacent=true&locale=es_LP&FT=D&date=20200311&CC=AR&NR=113291A1&KC=A1

Quispe, E. C., Rivera Quinto, R., Espinoza Castillo, M., Flores Alca, V., Quispe Bonilla, M., Pablo Mueller, J., Quispe Peña, E. C., Rivera Quinto, R., Espinoza Castillo, M., Flores Alca, V., Quispe Bonilla, M., & Pablo Mueller, J. (2023). Densidad de fibras y densidad de conductos pilosos como criterios de selección para mejorar la calidad y el peso de vellones de alpacas. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 34(2). https://doi.org/10.15381/rivep.v34i2.25102

Quispe, E. C., Rodríguez, T. C., Iñiguez, L. R., & Mueller, J. P. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. Animal Genetic Resources Information, 45, 1–14. https://doi.org/10.1017/S1014233909990277

Quispe, E., Quispe, M., Quispe, C., Poma, A., Paucar-Chanca, R., Cruz, A., & McGregor, B. A. (2022a). Relationships between the incidence and degree of medullation with the diameter of alpaca fibers evaluated using a novel device based on artificial intelligence. The Journal of The Textile Institute, 0(0), 1–16. https://doi.org/10.1080/00405000.2022.2105110

Quispe, E., Quispe, M., Quispe, C., Poma, A., Paucar-Chanca, R., Cruz, A., & McGregor, B. A. (2022b). Relationships between the incidence and degree of medullation with the diameter of alpaca fibers evaluated using a novel device based on artificial intelligence. The Journal of The Textile Institute, 1–16. https://doi.org/10.1080/00405000.2022.2105110

Quispe, P. E. C., Quispe, B. M. D., & Quispe, B. C. C. (2020). Equipo y Procedimiento de un Medulador Electronico Inteligente de Fibras de Origen Animal (Patent PE20201438 (A1)).

Quispe Peña, E. C., & Quispe Bonilla, M. D. (2019). Método no invasivo para determinar densidad y haces de fibras en piel de animales vivos. Archivos de Zootecnia, 68(261), 74–81. https://doi.org/10.21071/az.v68i261.3942

Quispe Peña, E., Poma Gutiérrez, A., & Purroy Unanua, A. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza Huacaya. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 7(1), 1–29. https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2013.v7.n1.41413

Radzik-Rant, A., Wielechowska, M., & Rant, W. (2021). Variation in Wool Characteristics across the Body in a Herd of Alpacas Kept in Poland. Animals, 11(10), 2939. https://doi.org/10.3390/ani11102939

Radzik-Rant, A., & Wiercińska, K. (2021). Analysis of the wool thickness and medullation characteristics based on sex and color in a herd of alpacas in Poland. Archives Animal Breeding, 64(1), 157–165. https://doi.org/10.5194/aab-64-157-2021

Torres Quintanilla, R. N. (2020). Tasa de medulación de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante la comparación del medulometro y el OFDA 100 [Universidad Católica Santa María]. http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/10320

Villarroel, J. (1963). Un estudio de la fibra de alpaca: I Parte. Anales científicos, 1(3), 247–274.

Wang, H., Liu, X., & Wang, X. (2005). Internal structure and pigment granules in colored alpaca fibers. Fibers and Polymers, 6(3), 263–268. https://doi.org/10.1007/BF02875652

Wang, X., Wang, L., & Liu, X. (2003). The quality and processing performance of alpaca fibres (RIRDC Publication No 03/128). Rural Industries Research and Development Corporation. https://www.semanticscholar.org/paper/The-softness-of-alpaca-fibres-Wang-Wang/368388efa04115c96173f719e1bc7c5f719967c9

Wuliji, T. (2017). Evaluation of fiber diameter and correlated fleece characteristics of an extreme fine alpaca strain farmed in Missouri. Journal of Camelid Science, 10, 17–30.

SISTEMA DE TRAZABILIDAD CON TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN: HERRAMIENTA CLAVE PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE FIBRA DE ALPACA

Brigitte Champi Paredes[1], Dagoberto Fernandez Palacios[1*]
[1]Cooperativa de Producción y Servicios Especiales de los Productores de Camélidos Andinos Ltda, Arequipa, Perú
*dfernandez@coopecan.pe

COOPECAN, in its pursuit to satisfy a market demand that now requires knowing the origin of the product to be consumed, has successfully implemented a traceability system based on Blockchain technology. Through this system, our customers can know and be certain of the origin of the fiber, as well as the practices employed in alpaca breeding, and the management and care of the environment. Additionally, we have RAS certification that supports the work we have been doing.

COOPECAN en busca de satisfacer una demanda de mercado que ahora exige conocer el origen del producto que va consumir; ha implementado de forma satisfactoria un sistema de trazabilidad basado en la tecnología Blockchain, mediante el cual, nuestros clientes conocen y tienen la certeza del origen de la fibra, así como las practicas empleadas desde la crianza hasta la transformación y exportación, tales como nuestras buenas prácticas de bienestar animal empleadas en la crianza de alpacas, el manejo y cuidado del medio ambiente, la no explotación infantil, así como el impacto socio económico que genera su compra en los criadores. Además, contamos con la certificación RAS (estándar de Alpaca Responsable) que respalda el trabajo que venimos realizando.

Keywords: blockchain, trazabilidad, RAS

1. Introducción

La tecnología ha transformado la relación entre consumidores y productos, haciendo posible un nivel de transparencia y conocimiento sin precedentes. La capacidad de conocer la procedencia de los productos no solo empodera a los consumidores, sino que también impulsa a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles y éticas. En un mundo cada vez más conectado, la demanda de transparencia y la capacidad de satisfacerla a través de la tecnología se están convirtiendo en un componente crucial del mercado moderno. Hace un par de años, pensar que el sector alpaquero sería capaz de implementar tecnologías como la Blockchain en su proceso productivo era aún muy lejano; sin embargo, la necesidad de cumplir con lo que solicita el mercado, llevo a COOPECAN a implementar el sistema de trazabilidad basado en esta estructura. Permitiendo conocer no solo el proceso productivo a nivel industrial si no por el contrario conocer desde el origen del cual proviene la materia prima, conocer las condiciones en las cuales se desarrollan los hatos alpaqueros y las familias que los poseen.

2. Blockchain

La tecnología *Blockchain*, originalmente fue diseñada para el registro de transacciones de criptomendas, con el paso de los años fue evolucionando y adaptada a diferentes entidades como el comercio, la banca y cadenas de suministros [6]. Al ser basada en hash, permite la ejecución de contratos inteligentes [5]. E identificar la trazabilidad de cada producto e insumo al generar un registro inalterable en cada etapa del

proceso [7]. En este contexto, blockchain y los contratos inteligentes constituyen una oportunidad real para una mayor participación en el mercado para los pequeños agricultores y las cooperativas [3]

En resumen, Blockchain es una tecnología prometedora para la competitividad de las cooperativas. El futuro próximo mostrará si la tecnología blockchain se convertirá en una forma segura, fiable y transparente que aporte un valor diferencial a las cooperativas agroalimentarias [2]

2.1 Especificaciones

2.1.1 Servidor AWS
Servicio: Amazon EC2
Instancia: m6i.2xlarge
vCPUs: 8
RAM: 32GB
SSD: 300GB

2.1.2 *Nodo Lacchain*
Red: Protesnet

2.1.3 *Base de Datos app Móvil*
Cada dispositivo móvil, es una base de datos local debido a que en las zonas de impacto en las que trabaja COOPECAN, no se cuenta con cobertura móvil.

2.2 Entorno

2.2.1 Entorno Web

La parte web, engloba las tareas de la parte administrativa, materia prima, producción, calidad y recursos humanos.

Partiendo por Recurso Humanos, se maneja el registro de cada uno de los socios de COOPECAN, así como el registro de los colaboradores de planta. A nivel de administración, se maneja la creación de contratos. En el área de materia prima, trabajamos la asignación de socios según su participación en un determinado lote de producción. Finalmente, el área de producción registra los datos concernientes al proceso productivo, así como los colaboradores que intervienen en dicho proceso. Con la finalidad de obtener el código QR correspondiente a cada lote de producción (Figura 1.).

2.2.2 *Entorno Móvil*
Herramienta de uso exclusivo para los colaboradores que se encuentran en campo. Esta les permite recolectar la data necesaria para la emisión de certificados que respalden el trabajo que se viene realizando con las familias alpaqueras que proporcionan la materia prima.

Registra datos como: nombre del productor, cantidad de animales (discriminados por raza, sexo y edad), fuentes de agua, fuentes de alimentación, infraestructura e imágenes que respalden ese trabajo.

Se trabajan con tres certificados: Situacional, de Alimentación y de Infraestructura. Cada certificado cuenta con una duración de un año. Además, se muestran en el entorno del cliente una vez obtenido el código QR. (Figura 2).

2.2.3 *Entorno del cliente*

El cliente recibe un código QR como el de la Figura 3, el cual debe ser escaneado con un dispositivo móvil para obtener la información que este lleva. Recalcar que para obtener la totalidad de la información deberá iniciar sesión con el correo y contraseña que fue registrado en la web de COOPECAN (Figura 3).

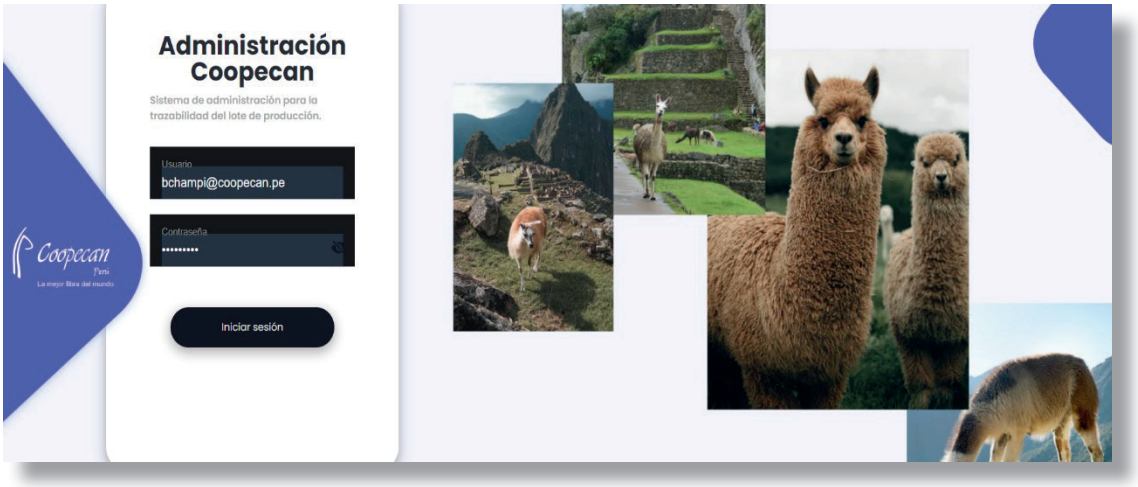


Figura 1. Inicio de sesión para el entorno web: (a) Se requiere un correo perteneciente a la organización. (b) La contraseña es asignada por el super administrador al momento del registro.

Figura 2. Inicio de sesión para la aplicación móvil.

Figura 3. Código QR obtenida al finalizar el proceso productivo.

2.3 Funcionamiento

Acciones previas para ambos entornos:

- Registro de socios y generación de credenciales (DID)
- Registro de colaboradores y asignación de roles.

2.3.1 **En campo**

El proceso para obtener una certificación va ligado a una constante asistencia técnica, en diferentes aspectos como pueden ser: Manejo de pastos a campo abierto e invernaderos, instalación y mantenimiento de sistemas de riego, empadre, campañas sanitarias entre otros. Todas estas asistencias son evidenciadas en el sistema de trazabilidad

El colaborador de campo crea una firma digital (key) de 6 dígitos numéricos, la misma que le permite firmar cada uno de los certificados, con el objetivo que estos pasen de la base de datos local (sus dispositivos) a la Blockchain.

El proceso de certificación consta de 7 etapas, las cuales podemos apreciar en el Gráfico 1 y como resultado obtenemos un certificado como el de la Figura 4. En el que se muestran los datos del socio o productor, cantidades de animales, alimentación, infraestructura entre otros, según sea el certificado emitido.

Gráfico 1. Etapas del proceso de certificación en campo

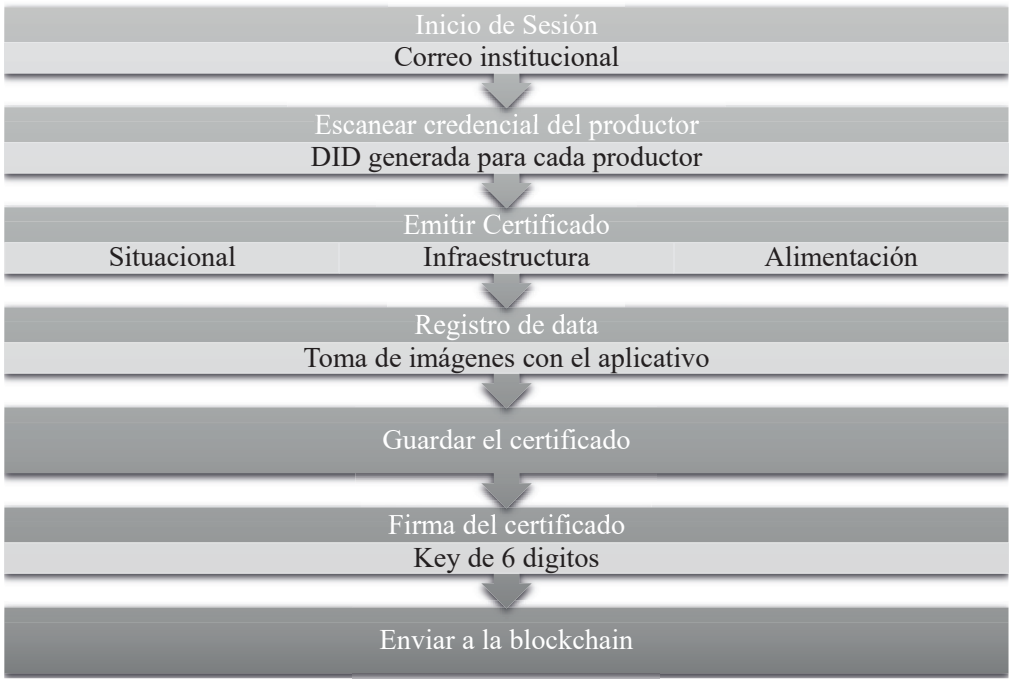
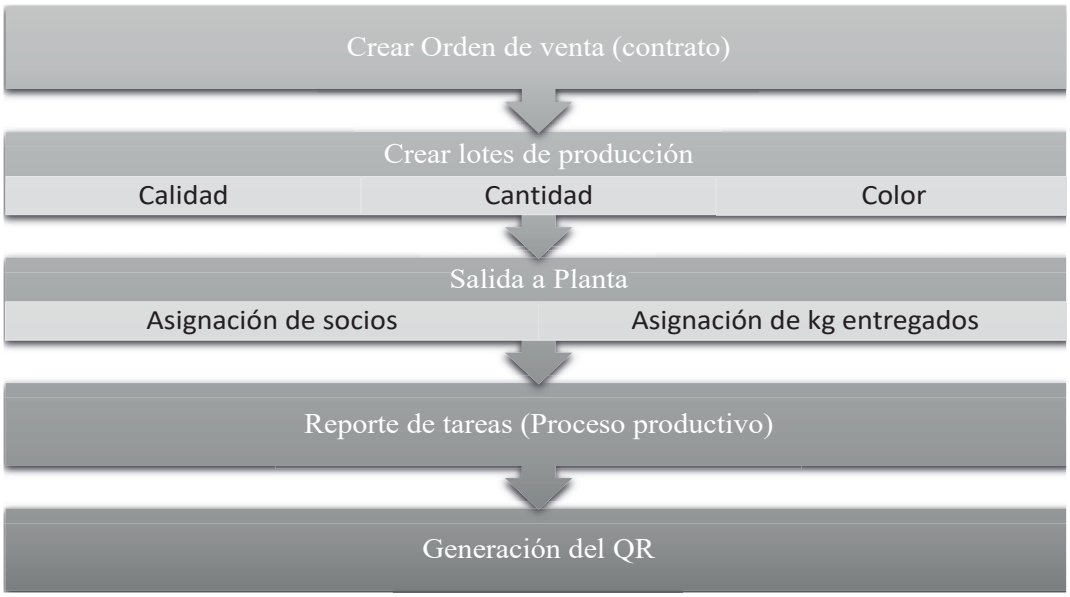


Figura 4. Ejemplo de certificado situacional

2.3.2 **En planta**

Intervienen diferentes áreas para el registro de la trazabilidad del proceso productivo, este es un proceso secuencial, tal como se aprecia en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Etapas del proceso de certificación en campo



En el siguiente diagrama de secuencia (Figura 5) podemos apreciar la interacción del sistema de trazabilidad como tal, partiendo por el registro de la fibra en las sedes (Cusco y Ayacucho) y culminando con el Registro en la Blockchain,

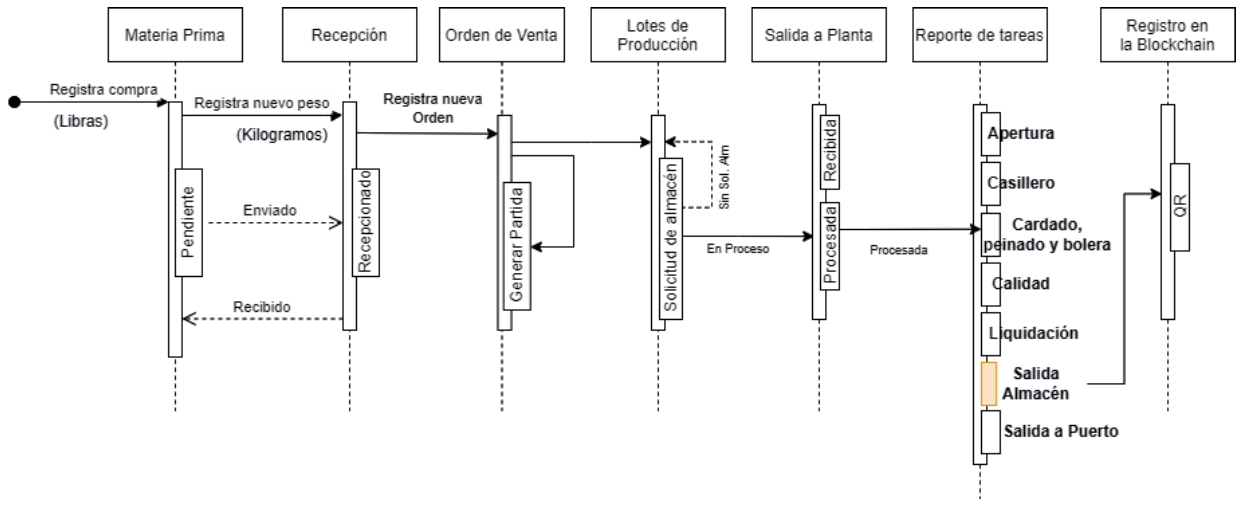


Figura 5. Diagrama de secuencia

2.3.3 **Con el cliente**

El cliente recibe el código QR, con la información de los productores participantes en dicho lote. La información se presenta como en la Figura 5.

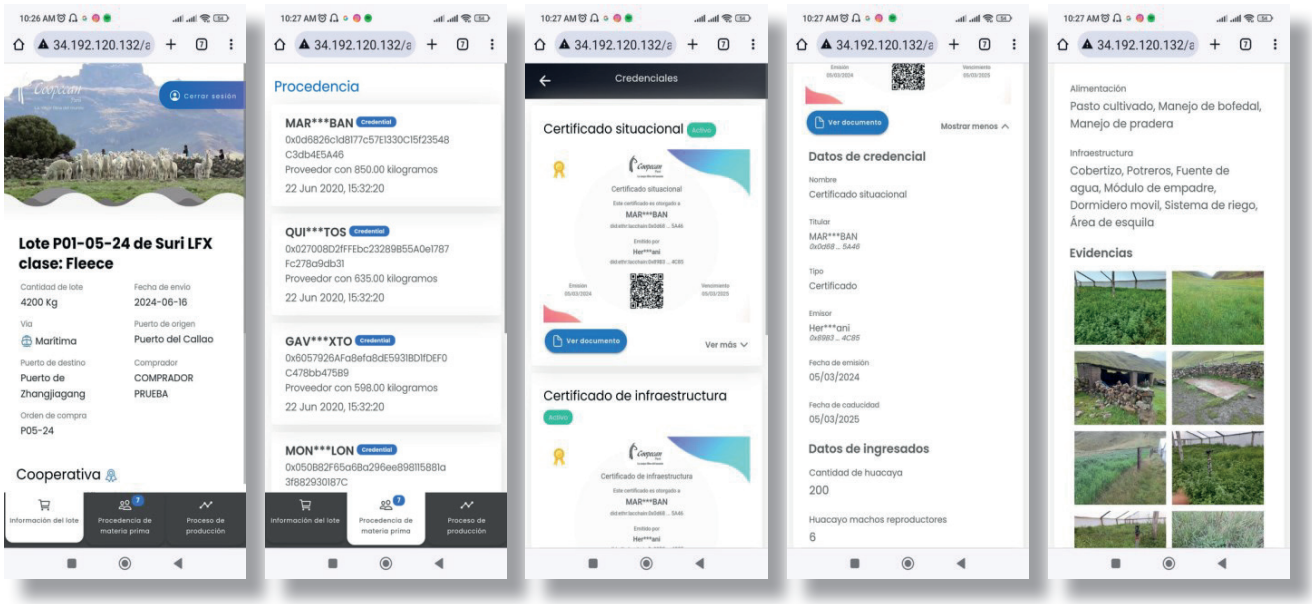


Figura 5. Vista de la información obtenida por el cliente

3. Estándar de Alpaca Responsable (RAS)

El RAS es una norma internacional y voluntaria que aborda el bienestar de los animales en la cadena de suministro de la alpaca y la cadena de custodia del material de fibra de alpaca desde los fundos certificadas hasta el producto final [1].

La certificación de los fundos está basada en determinados Criterios como: Gestión de Bienestar Animal, gestión de la tierra, el bienestar social y la cadena de custodia.

Actualmente COOPECAN, cuenta con un total de 324 fundos certificados y una planta procesadora. Los mismos que se encuentran distribuidos en las zonas de Sicuani – Cusco (Ver Figura 6) y Puquio – Ayacucho (Ver Figura 7).

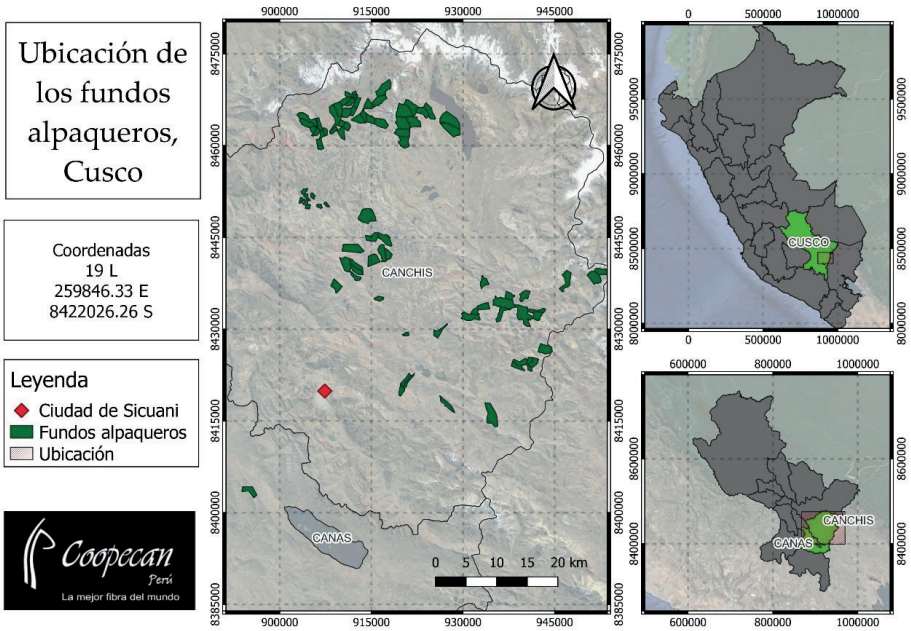


Figura 6. Mapa de ubicación de los fundos en la Región Cusco

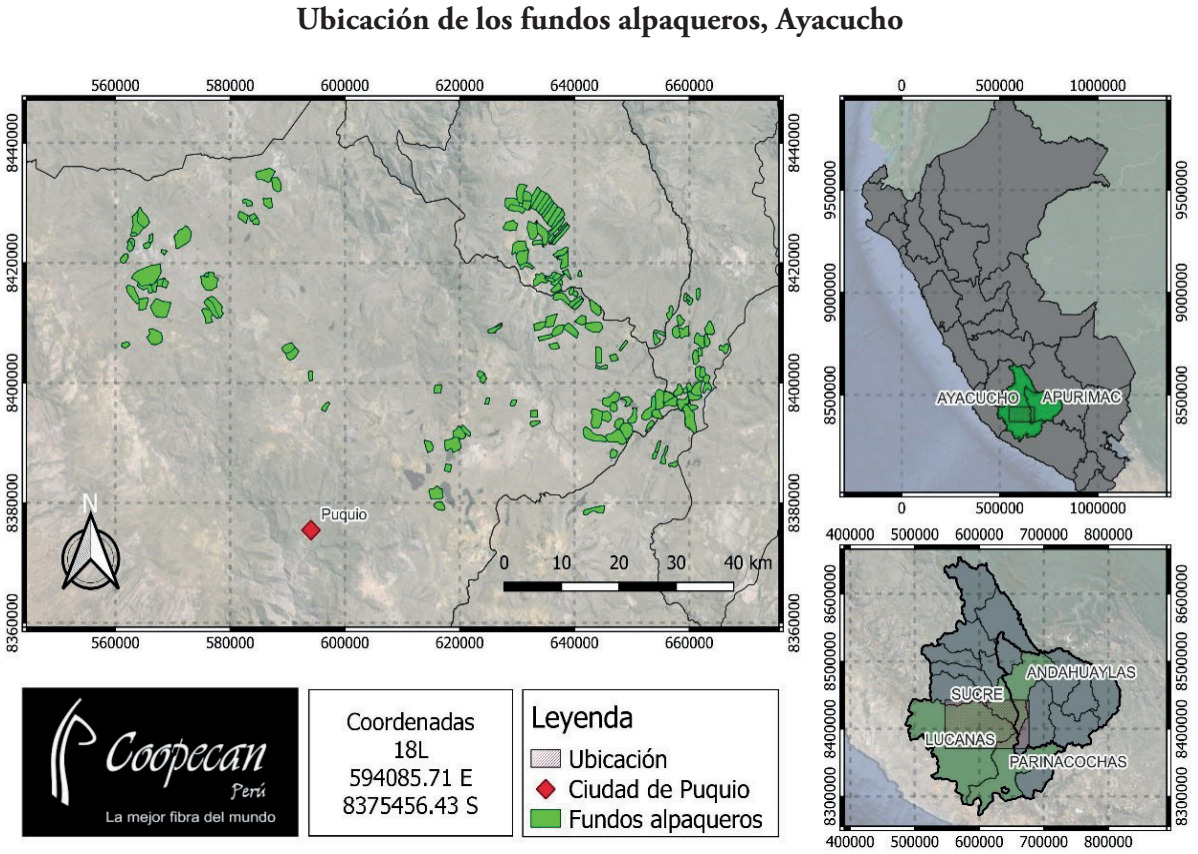


Figura 7. Mapa de ubicación de los fundos en la Región Ayacucho

Mediante este sistema de trazabilidad obtenemos el soporte para pasar la evaluación de los criterios como: Bienestar animal, gestión de la tierra y bienestar social. Por medio de los certificados de alimentación emitidos por cada técnico, validamos que el rebaño de cada productor o de cada fundo cuenta con el alimento y agua suficiente para vivir de forma adecuada, con la instalación de pastos cultivados, actividades de mejora de praderas naturales (limpieza de piedras, construcción de zanjas de infiltración, entre otros).

Como soporte al tema alimenticio, nos enfocamos en la construcción de invernaderos la misma que se desarrolla entre los 3500 y los 5500 m.s.n.m. [4] con los que buscamos respaldar una producción sostenible de pastos para la temporada de seca. En un invernadero se llegan llegando a tener un promedio de 13 cortes al año, lo que da como consecuencia que los productores puedan practicar técnicas como el ensilado, para la conservación de estos.

Con el certificado de Infraestructura, como su nombre lo dice respaldamos que los animales del rebaño cuenten con la infraestructura necesaria: cobertizos, para ser resguardadas del frio, corrales de empadre, dormideros móviles, reservorios para el aprovisionamiento de agua, entre otros.

Además, el registro de asistencia técnica abala el buen manejo que se da al rebaño, ya que se consideran actividades sanitarias, buenas prácticas de esquila, manejo adecuado de recursos (Biodegradables y no Biodegradables) prácticas como el destete, empadre controlado,

4. Conclusiones

El sistema de trazabilidad con tecnología Blockchain es una herramienta valiosa para COOPECAN ya que permite aumentar la Transparencia. Proporcionando información detallada sobre el origen y el recorrido de los productos, permitiendo a los consumidores tomar decisiones informadas. Además, garantiza la Seguridad. Permitiendo identificar rápidamente el origen de problemas de calidad en caso de presentaran y facilitando la retirada de productos defectuosos o contaminados. Asimismo, promueve la sostenibilidad. Ayudando a verificar las prácticas sostenibles aplicadas en campo, por los responsables en la producción, fomentando un consumo más consciente y responsable. Por si fuera poco, mejora la Confianza del Consumidor ya que, al ofrecer una visión clara y detallada del proceso de producción, así como del origen de la fibra y las condiciones en las que se encuentran los rebaños, con el respaldo de la certificación RAS, las empresas pueden construir una relación más sólida y confiable con sus clientes.

Referencias

[1] Estándar de Alpaca Responsable (RAS) 1.0. (s/f). Textileexchange.org. Recuperado el 07 de junio de 2024, de https://textileexchange.org/app/uploads/2021/06/RAF-101c-V1.0-ES-Responsible-Alpaca-Standard.pdf

[2] Borrero, J. D. (2019). Sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentario para cooperativas de frutas y hortalizas basado en la tecnología Blockchain. CIRIEC-España Rev. Econ. Pública Soc. y Coop, 71-94.

[3] Tripoli, M., & Schmidhuber, J. (2018). Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry.

[4] Dagoberto Fernandez Palacios, ¿ES RENTABLE LA RESILIENCIA? 2022

[5] M. Di Pierro, "What Is the Blockchain?," in Computing in Science & Engineering, vol. 19, no. 5, pp. 92-95, 2017, doi: 10.1109/MCSE.2017.3421554. keywords: {Bitcoin;Contracts;Peer-to-peer computing;Digital signatures;Authentication;cryptography;finance;blockchain;scientific computing}.

[6] Parrondo, L. (2017). Tecnología blockchain, una nueva era para la empresa. Revista de contabilidad y dirección, 27, 11-31.

[7] Linares Barbero, M. (2019). Trazabilidad con Blockchain.

DESCERDADO MECÁNICO EN VELLONES DE GUANACO Y VICUÑA: EXPERIENCIAS Y DESAFÍOS TECNOLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN DE FIBRAS TEXTILES DE PRIMERA CALIDAD

Diego Sacchero y Julia Maurino

Laboratorio de Fibras Textiles, INTA EEA Bariloche, Argentina
sacchero.diego@inta.gob.ar

El descerdado es un proceso de transformación textil clave de los vellones de doble capa, aquellos compuestos por una abundante capa de fibras finas y cortas (down) y una capa de pelos gruesos, como ocurre en la vicuña y el guanaco. El proceso de descerdado consiste en la separación mecánica de las fibras gruesas y normalmente más largas, que se consideran contaminantes si permanecen mezcladas con las fibras finas de alto valor textil. En la vicuña, la cantidad de fibras gruesas halladas en los vellones es menos del 2 % para fibra marrón y menos del 3 % en la fibra blanca de barriga y cuello. En vellones de guanacos esta proporción es superior y alrededor del 3-5 %. El descerdado industrial permite obtener rindes de alrededor del 70-75 % en vicuña y del 45-55 % en guanacos. El rinde al descerdado debe analizarse en el marco de las pérdidas de proceso, la eficiencia de separación de fibras finas y gruesas y su relación con la calidad de la materia prima, el reprocesamiento de productos intermedios, así como porcentaje y utilidad de subproductos. La reducción del largo inicial de fibra debida al descerdado en vicuña y guanaco es de magnitud (47 % en vicuña) pero en cashmere se han reportado valores más elevados aun (55-67 %). Esta afectado por algunos componentes del diseño y configuración de la maquinaria y el número de repeticiones necesarias para alcanzar un determinado estándar de calidad. En fibras cortas esta variable puede condicionar la hilatura. La proporción de pelos gruesos remanentes no está estandarizada, pero normalmente se exige <1 %. Puede ser mayor en hilados para distintos usos (en cashmere por ejemplo <1 % en tejidos planos y <3 % en tejidos de punto). En ensayos de vicuña y guanaco el descerdado logro reducir los pelos gruesos a 1 % en vicuña y a 0,6 % en guanaco.

Palabras clave: Camélidos Sudamericanos, procesamiento y transformación textil, fibras suntuarias

CALIDAD Y TRANSFORMACIÓN DE LAS FIBRAS DE ALPACA EN TOPS E HILOS COMO ESTRATEGIA DE LA GENERACIÓN DEL VALOR AGREGADO EN ORIGEN

QUALITY AND TRANSFORMATION OF ALPACA FIBERS INTO TOPS AND YARNS AS A STRATEGY FOR GENERATING ADDED VALUE AT ORIGIN

Paul Mayhua[1,2*]; Wilmer Zaravia[1]; Celso Sotacuro[2]; Manuel Castrejón[1]

[1]Departamento Académico de Zootecnia, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
[2]Laboratorio de transformación de fibras especiales -Camélidos, Escuela profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
paul.mayhua@unh.edu.pe

Los objetivos del estudio fue determinar las características textiles de fibra sucia, tops y los rendimientos del proceso de transformación de la fibra a hilos 100 % alpaca, desde la llegada de fibra grasienta hasta la obtención de hilo. Se tomaron al azar 30 vellones, 10 por categoría (Extrafina, Fina y Semi Fina) los que fueron categorizados y clasificados por una maestra clasificadora y según la norma técnica peruana (NTP), obteniéndose 77 muestras de fibra clasificada de diferentes calidades (Super Baby (SBL), Baby (BL), Fleece (FS) y Medium Fleece (MFS), con el equipo de Fiber EC 4.1 siguiendo la norma [IWTO-47-2013]. La transformación se realizó con 30 Kg de la calidad baby siguiendo los protocolos de aperturado (tecnología peruana), lavado (tecnología neozelandesa) y los procesos de cardado, peinado e hilado (tecnología italiana) en el laboratorio de transformación de fibras - Camélidos. El DMF más fino se obtuvo para la calidad SBL tanto para fibra sucia y tops de alpaca con promedios de 17.82 µm y 18.76 µm respectivamente, presentando valores más bajos de factor de picazón (2.6%) y el mayor factor de confort (97.4%). Para el balance de los ingresos y salidas en el proceso de transformación de la fibra a Hilos 100 % alpaca se obtuvo el rendimiento 75,55% (22.13 kg) y un 26.24 % de merma que representa 7,34Kg del total. Esta tecnología es de fácil adopción para las pequeñas organizaciones y comunidades campesinas debido que Huancavelica, produce fibra de buena calidad, como base para la producción de tops e hilos y generar el valor agregado de la fibra de alpaca.

Palabras clave: Alpaca, categoría, calidad, características textiles, tops.

CALIDAD DE LA FIBRA DE ALPACA EN LOS CANTONES COLTA Y GUAMOTE

QUALITY OF ALPACA FIBER IN THE CANTONS COLTA AND GUAMOTE

Maritza L Vaca -Cardenas[1]*; Cesar Sánchez Gumán.[2]; Manuel Almeida[3]

[1]Proyecto Alpacas IDIPI323, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
[2]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
mamritza.vaca@espoch.edu.ec

El papel de los camélidos es sumamente relevante para las poblaciones de las zonas altoandinas de los páramos y subpáramos, asegurando su supervivencia y sustento de la económica local. La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de la fibra de alpacas en los cantones Colta y Guamote, realizándose el estudio en alpacas adultas y jóvenes, con un total de muestras de 140 divididas en 69 adultos y 71 jóvenes aplicando estadística descriptiva, distribución de frecuencias y Prueba T Student para establecer el efecto por cantones, edad y sexo por lo que se caracterizó: longitud, finura, número de rizos y medulación. Los resultados mostraron que las fibras en Colta y Guamote cumplen con los parámetros para clasificación de fibra de "Baby Alpaca". La edad influyó en la longitud y medulación, siendo las alpacas adultas las que tienen más presencia de fibras meduladas, asi como también se infiere que el color también afecto la presencia de medula. Los resultados indicaron que la muestra de fibra de alpaca cumple con los estándares para uso en la industrialización textil, clasificándola como grado "Alpaca Baby". La procedencia influyó en las características de las fibras, por lo que se recomienda seguir prácticas adecuadas de esquila. Aunque el sexo no afectó directamente las características, la edad es crucial para la calidad de la fibra. Más del 75% de las muestras cumplieron con los estándares para textiles de alta calidad y confort, con lo cual la investigación demostró la importancia de los camélidos en estas regiones y proporcionó información valiosa para la industria textil y el cuidado de las alpacas en Ecuador. Por lo tanto, se recomienda el uso de la fibra proveniente de los cantones de Colta y Guamote para prendas textiles de calidad.

Palabras clave: Fibra, caméldios, alpaca, confort, calidad, alpaca super baby, páramo.

EVALUACIÓN DE LA MEDULACIÓN DE FIBRAS DE ALPACA VISUALMENTE OBJETABLES

EVALUATION OF THE MEDULLATION OF VISUALLY OBJECTIONABLE ALPACA FIBERS

Ysai Paucar Sullca[1,2*]; Max David Quispe Bonilla[3]; Lawrance Hunter[4], Edgar Carlos Quispe Peña[1]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico Natural Fiber's Tech SAC. Lima, Perú.
[2]Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Amazonas, Perú.
[3]Laboratorio de Innovaciones Tecnológicas Maxcorp Technologies SAC. Lima, Perú.
[4]Nelson Mandela Metropolitan University, Gqeberha, Sudáfrica.
* ysai.paucar@untrm.edu.pe

Las fibras visualmente objetables (FVO), asociadas con mayor medulación y diámetro, son indeseables para la industria por romperse fácilmente, producir picazón y causar problemas al teñido; éstas se pueden distinguir porque presentan una coloración blanco lechoso o tipo tiza al ser colocados en un fondo oscuro. La fibra de alpaca presenta diferentes tipos de medulación; pero hay poca información respecto a medulación de las FVO. Por ello, se llevó a cabo esta investigación con el objetivo de evaluar la medulación de fibras de alpaca visualmente objetables y sus respectivos diámetros de fibra (DF) y médula (DM). 34 muestras de fibra de alpaca fueron estudiadas en el Laboratorio de Fibras Textiles de Natural Fiber's Tech SAC; de cada muestra se obtuvo una submuestra de 1.5 g y se colocaron en una bandeja con fondo oscuro para separar, contar y pesar las FVO; de estas se eligieron 30 fibras de forma aleatoria y se visualizó en el microscopio para identificar su tipo de medulación, medir su DF y DM. Las FVO representaron el 1.93% del peso de la muestra y en promedio se presentan 93.90 FVO por gramo de muestra. De las FVO el 57.46%, 36.82%, 4.68% y 1.05% corresponden a fibras con medulación continua (MedCont), fuertemente meduladas (FMed), discontinuas (MedDisc) y fragmentadas (MedFrag) respectivamente. Los DF (DM) fueron: 38.19u (14.45u), 51.59u (30.48u), 35.11u (9.53u) y 32.96u (7.60u) para MedCont, FMed, MedDisc y MedFrag respectivamente; en cambio los ratios DM/DF variaron desde 22.93 hasta 56.76. La mayor cantidad de FVO está representada por MedCont y FMed, y presentan los mayores DF, DM y ratio DM/DF; por tanto, serían los que causan problemas durante el procesamiento textil y en el confort del usuario. Estas variables deben tenerse en cuenta en programas de selección; pero aún es necesario mayor investigación respecto a este tema.

Palabras clave: Fibras objetables, diámetro de fibra, medulación.

IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS Y CABRAS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA, MICROESPECTROMETRIA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

IDENTIFICATION OF SOUTH AMERICAN CAMELIDS FIBERS AND GOATS USING SPECTROMETRY, MICROSPECTROMETRY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Max Quispe [1,2,3*] ; Luis Serrano-Arriezu.[3] ; Jesús Trigo.[3] ; Miguel Beruete. [3],
Edgar Quispe[1]

[1] Natural Fiber´s Tech SAC, Lima. Perú.
[2] Maxcorp Technologies SAC, Lima, Perú.
[3] Institute of Smart Cities, Universidad Pública de Navarra, España
[*] maxdavid22@gmail.com

La identificación de fibras resulta importante, pues debido al alto precio que tienen la cachemira o la fibra de vicuña, a veces ciertas prendas que están en el mercado se encuentran mezclados con otros tipos de fibras bajo una etiqueta de ser completamente de cachemira o vicuña, lo cual constituye un fraude que atenta contra los legítimos derechos e intereses de los consumidores. Bajo esta consideración se realizó el presente trabajo con el objetivo de identificar fibras de alpacas, llamas, vicuñas, cachemira y mohair. Las muestras de fibras (alpaca=51; llama=50, vicuña=50, cachemira=20; mohair=35) fueron obtenidas del costillar medio de los animales de las regiones de Huancavelica, Puno (Perú) y Bariloche (Argentina). Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Biosensado Multiespectral de Navarrabiomed (España), para lo cual se utilizó un espectrómetro y un microespectrómetro FTIR (nombrados sFTIR y mFTIR, respectivamente) en modo de reflectancia totalmente atenuada (ATR), configurados dentro de un rango espectral de 4000 a 400 cm^{-1}. Se utilizó el software OPUS para recopilar los espectros FTIR. Posteriormente, se entrenaron y validaron dos modelos de *machine learning* (DNN y SMV) con los espectros obtenidos. En el entrenamiento se cambiaron los valores de los hiperparámetros hasta encontrar el mejor modelo en base al indicador de precisión. Al validar los espectros mediante los modelos desarrollados, se logró obtener altos porcentajes de aciertos en la identificación de fibras. Los resultados muestran un mayor porcentaje de aciertos para sFTIR+DNN (96,75%), seguido de sFTIR+SVM (95,12%), mFTIR+DNN (94,31%) y mFTIR+SVM (90,24%). Asimismo, al evaluar los porcentajes de aciertos por tipo de fibra, con sFTIR+DNN se obtuvo un 97.8% para fibras de Camélidos Sudamericanos, y con mFTIR+DNN se obtuvo un 100% para fibras de cabras. Al parecer, una DNN sería mejor que una SVM, independientemente del equipo utilizado. Los aciertos obtenidos mediante la metodología utilizada son mejores a los obtenidos por otros autores que trabajaron en la identificación de lana y cachemira, y comparable con la metodología LS-MS aprobada como estándar técnico y con la metodología UPLC/ESI-MS. Se concluye que los procedimientos de espectrometría y microscopia FTIR en modo ATR evaluados con modelos de DNN o SMV son nuevas propuestas que permiten una buena identificación de fibras de camélidos y cabras, pudiendo servir como medio para detectar fraudes si los hubiera.

Palabras clave: Camélidos, cabras, deep learning, espectrometría FTIR, machine learning.

STAPLE STRENGTH ASSOCIATED WITH FIBER CHARACTERISTICS IN BLACK AND BROWN ALPACAS

Rubén Pinares

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
ruben.pinares@unsaac.edu.pe

This study aimed to determine the correlation between the staple strength and the textile characteristics of black and brown fiber, as well as to evaluate the influence of color, breed, location, age, and sex of alpaca on the staple strength. Staple strength properties (58 Huacayas and 44 Suris) were measured using the Staple Length & Strength instrument. Fiber characteristics were measured using an Optical-based Fiber Diameter Analyzer (OFDA 2000), and medullation in 68 Huacayas by projection microscope. Data did not show a normal distribution, as verified by the Shapiro-Wilk normality test. Spearman's rank correlation coefficients between staple strength and fiber characteristics were calculated. The effects of color, breed, location, age, and sex of animals on staple strength were analyzed separately by the Kruskal-Wallis rank sum test ($\alpha = 0.05$). The highest correlation was observed between peak force position and staple length ($r_s = 0.99$), as well as significant positive correlations for staple strength with peak force ($r_s = 0.53$), with fiber curvature ($r_s = 0.42$), with comfort factor ($r_s = 0.20$). However, in Huacaya, there were negative correlations for staple strength with medullation percentage ($r_s = -0.37$) and SD of mean fiber diameter ($r_s = -0.23$). The fiber color and the sex of the alpaca did not influence staple strength and peak force; location did not influence staple strength ($p > 0.05$). However, the age category and the breed influenced the staple strength and staple length ($p < 0.05$). Staple strength increases with age, between 16.75 and 20.10 N/ktex for young (milk teeth and 2-teeth categories) and 38 N/ktex for 4-teeth. Suri fiber is longer and has less staple strength (17.09 N/ktex) compared with Huacaya (35.36 N/ktex). In conclusion, favorable correlations between textile and physical properties would allow in the future to reduce medullation, SD and mean fiber diameter while maintaining high fiber curvature and staple strength in black and brown Huacaya alpacas.

Keywords: Alpaca industry, fleece color, fiber diameter, staple strength, medullation.

*This research is part of project approved with Resolution No 084-2022-VRIN-UNSAAC: *Depigmentation of black and brown fibers with hydrogen peroxide and microscopic characterization of medullated fibers in Huacaya alpacas*.

CARACTERÍSTICAS TEXTILES DE LAS FIBRAS DOWN DE LLAMAS CH'AKU *(LAMA GLAMA)* DE LA PUNA HÚMEDA - KISHUARA - ANDAHUAYLAS – APURÍMAC

TEXTILE CHARACTERISTICS OF THE DOWN FIBERS OF CH'AKU LLAMAS *(LAMA GLAMA)* FROM THE HUMID PUNA - KISHUARA - ANDAHUAYLAS - APURÍMAC

Jesús Quispe[1], Virgilio Machaca[2*], Edith Alendez[2], Diana Quispe[3], Víctor Bustinza[4], Roger Machaca[5]
1 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Perú.
2 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Perú.
3 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Perú.
4 Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos de la UNA Puno, Perú.
5 Instituto Superior Tecnológico Público, Sangarará, Cusco, Perú.
* vmachaca@unamba.edu.pe

Esta investigación tiene como objetivo conocer las características tecnológicas de las fibras down como el diámetro medio (DM), coeficiente de variabilidad del diámetro medio (CVDM), factor de confort (FC), finura de hilado (FH) e índice de curvatura (IC) de las fibras down de llamas Ch'aku según sexo, color y edad; y el grado de asociación entre dichas características en los rebaños de la Comunidad Kishuara de la provincia de Andahuaylas, región Apurímac-Perú. El equipo utilizado fue el OFDA 2000. Se consideraron factores sexo, color y edad. Estas características se analizaron mediante dos modelos: un arreglo factorial de 2x2x3x3 y un arreglo factorial de 2x3x3 conducido en un diseño completo al azar. Según los resultados, existen diferencias (P≤0,05) para la variable fibra Sindescerdar 23,42ª (µm), 39,54ª (%), 86,76b (%), 27,81a (µm), 37,86b (º/mm) y Descerdado 22,16b (µm), 29,82b (%), 89,46ª (%) 23,57b (µm), 40,68ª (º/mm) para DM, CVDM, FC, FH y IC respectivamente, para las características tecnológicas estudiadas. Para el factor sexo solo las características IC mostraron diferencias (P≤0,05); el patrón de color del vellón (simple, doble y triple) no influye en la expresión de las características de la fibra down, y en la categoría etaria, el FC es la única variable que no guarda relación con la edad del animal, mientras que las demás características textiles presentan diferencias (P≤0,05). Los coeficientes de correlación entre las características tecnológicas de la fibra de llamas se clasifican en asociación de excelente a mínima. En síntesis, las fibras down de las llamas Ch'aku reúnen la calidad suficiente para ser utilizadas en la industria textil.

Palabras clave: Fibra, descerdado, rara, autóctono, textil, camélidos.

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE FIBRA E HILO DE ALPACA SURI (VICUGNA PACOS) DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AÑA- MOYOCANCHA

CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF SURI ALPACA FIBER AND YARN *(VICUGNA PACOS)* FROM THE STATION EXPERIMENTAL AÑA- MOYOCANCHA

Paul Evas.[1]; Mauricio Oleas Lopez[2]; Edison Ponces[2]: Maritza L Vaca -Cardenas[1]*

[1-2] Proyecto Alpacas IDIPI323, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
* mamritza.vaca@espoch.edu.ec

La caracterización físico-mecánica de fibra e hilo de alpaca Suri (*Vicugna pacos*) de la Estación de Altura Aña Moyocancha tomó en consideración diez zonas corporales, de las cuales se extrajo un mechón de fibra para su análisis; de cada mechón se escogió diez fibras al azar, con la aplicación de diseño completamente al azar, caracterizando en fibra la longitud relativa, longitud absoluta, diámetro, número de rizos/pulg y medulación; en hilo se midió la característica física del título, además de características mecánicas de: lastometría, elongación y resistencia a la tensión. Aplicando un análisis de varianza, midiendo el efecto de la zona corporal y un análisis t-student que se utilizó para encontrar el efecto de la edad (jóvenes y adultas), con un tamaño muestral de 3000g de fibra de alpaca. El efecto de la zona corporal mostró diferencias significativas en las características de longitud relativa, longitud absoluta y diámetro, presentando la zona corporal del Ijar como la representativa en cuanto a longitud relativa (28,83 cm) y longitud absoluta (33,38 cm), en cuanto al diámetro la parte vertebral del cuello fue la menor (28,59 µm) y no presentando diferencias en el número de rizos/pulg y medulación. La edad con respecto a la calidad de fibra influye en el número de rizos/pulg y diámetro; los ejemplares más jóvenes presentaron un número de rizos/pulg (7,18 ± 1,65 rizos/pulg) mayor y diámetro menor (29,28 ± 2,20 µm) con respecto a alpacas adultas. Las mediciones realizadas presentaron que la fibra de alpaca corresponde a las categorías de calidad fleece, huarizo y gruesa. No se presentaron diferencias significativas con respecto a las propiedades mecánicas del hilo de alpaca suri en la Estación de Altura Aña-Moyocancha, en donde obtuvieron parámetros de título con 0,17mm; lastometría: 0,22mm; elongación: 0,29 % y resistencia a la tensión con de 515,56 N/cm2; se recomienda por lo tanto que, se consideren como valores estos valores como referencia en cuanto al hilo de alpaca de raza Suri.

Palabras clave: Alpaca Suri, lastomería, elongación, lacio, Mohair.

PREDICCIÓN DE LA TASA DE MEDULACIÓN TOTAL EN FIBRA BLANCA DE ALPACA HUACAYA, MEDIANTE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

PREDICTION OF THE TOTAL MEDULATION RATE IN WHITE FIBER OF ALPACA HUACAYA, USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Armando Fernández Luna[1]; José Quiñones García[2]

[1] Escuela de post Grado – Maestría en Ciencia Animal – Universidad Nacional del Altiplano
[2] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Nacional del Altiplano
cepidp2010@gmail.com

Este estudio evaluó el desempeño de algoritmos de aprendizaje automático supervisado para predecir la tasa de medulación total en fibra de alpaca. Se analizaron 440 muestras de fibra del costillar medio de alpacas provenientes de Corani, Puno, utilizando como variables predictoras el diámetro de fibra, desviación estándar del diámetro y factor de confort, mientras que la variable objetivo fue la tasa de medulación total medida con un equipo denominado Medulador automático FIBERMED®. Luego del preprocesamiento de datos, se evaluaron diversos algoritmos mediante validación cruzada en el software Orange Data Mining 3.36.2, utilizando el coeficiente de determinación (R^2) como métrica de desempeño. Los resultados imputaron a: Bosque Aleatorio (R^2=0.846) y Aumento de Gradiente (R^2=0.842) como los mejores modelos, logrando explicar aproximadamente el 84% de la variabilidad en la tasa de medulación total. Estos hallazgos sugieren que al incrementar el tamaño de muestra y realizar el ajuste de parámetros, se podría mejorar la precisión de estos algoritmos para predecir esta característica clave de la fibra de alpaca, relevante para la industria textil.

Palabras clave: Alpaca, algoritmo, aprendizaje automático, medulación, predictores.

VALIDACIÓN DE UN DISPOSITIVO AUTOMÁTICO QUE EVALÚA LA MEDULACIÓN DE FIBRAS DE LLAMA *(LAMA GLAMA)*

Vladimir Cárdenas Correa[1*]; Jorge Aliaga Gutiérrez[2]; Edgar Quispe Peña[2.3]

[1]Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú
[2]Departamento de Producción Animal, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú
[3]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológica Natural Fiber´s Tech SAC, La Molina, Perú
vladimir.demantius@gmail.com

Las fibras meduladas, principalmente las fibras objetables, representan un defecto en la industria textil, al afectar las propiedades de teñido, ser menos resistentes, y causar picazón en la piel. Los diversos métodos existentes para medir la medulación en fibras de interés textil son laboriosos, costosos o su utilidad está en debate, de allí la importancia de contar con métodos de detección rápida de la incidencia de medulación en fibras. Bajo ese contexto se llevó a cabo el presente trabajo en el objetivo de validar un nuevo dispositivo (Fiber Med) de detección de fibras de llamas de acuerdo a su tipo de medulación. Para ello se evaluaron 67 muestras de fibras de llama ch'aku, blancas y de color. Determinaciones del porcentaje de fibras con medulación fragmentada (MedFrag), discontinua (MedDisc), continua (MedCont) y fuertemente meduladas (FuertMed) fueron llevados a cabo con el Fiber Med (FIBMED) y mediante evaluación manual (MAN). Para la comparación entre los métodos FIBMED y MAN se utilizó la prueba de Friedman y una prueba de diferencia de proporciones, y para evaluar la relación entre ambos métodos se utilizó el análisis de correlación de Spearman. A la prueba de Friedman no se encontraron diferencias significativas entre métodos para los diferentes tipos de medulación, con excepción de MedCont, mientras que a la prueba de proporciones en más del 98.5% de las muestras no se encontraron diferencias significativas entre métodos para los diferentes tipos de medulación. Adicionalmente, se encontraron que las correlaciones entre ambos métodos para los diferentes tipos de fibras de acuerdo a su medulación superan el 98%. Por tanto, se concluye que el Fiber Med identifica y determina los porcentajes de MedFrag, MedDisc, MedCont y FuertMed similar a lo que realiza un operador, con la diferencia que el método del Fiber Med no es laborioso, por lo que tiene un potencial para su uso práctico.

Palabras clave: Fiber Med, validación, médula, fibra, camélido.

VARIACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA FIBRA ENTRE ZONAS CORPORALES DE ALPACAS HUACAYA

VARIATION IN DIAMETER BETWEEN BODY SITES OF HUACAYA ALPACAS

Nayelli Principe Jara[1]*; Gustavo Gutiérrez Reynoso[1]; Edgar Quispe Peña[1,2]

[1] Facultad de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
[2] Centro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, Natural Fiber's Tech SAC, La Molina, Lima, Perú.
nayelligpj@gmail.com

Una de las características de la fibra de alpaca de mayor interés económico es el diámetro, ya que se busca que los vellones sean los más finos posibles para obtener productos de buena calidad textil. Por tal razón, el objetivo del estudio fue evaluar la variación del diámetro medio de la fibra (MDF) en el vellón y determinar la zona recomendada de muestreo para esta característica en alpacas Huacaya. Se consideraron 64 muestras de fibra provenientes de rebaños criados en Huancavelica. El vellón de la alpaca se dividió en 7 zonas corporales: cuello (C), vellón anterior (VA), vellón central (VC), vellón posterior (VP), miembro anterior (MA), miembro posterior (MP) y barriga (B), y en 3 subzonas por región corporal. Se midió la MDF y su desviación standard (DS) considerando 3 repeticiones por cada subzona con el equipo S–FIBER EC de la empresa Natural Fiber's Tech S.A.C. La estimación de los componentes de varianza se obtuvo con un modelo de efectos mixtos. Las comparaciones entre las zonas y subzonas corporales fueron realizadas con la prueba de Duncan. Para determinar la subzona recomendada de muestreo del vellón, se hallaron y correlacionaron la MDF y DS de las subzonas corporales y del vellón de cada animal. Ambas variables se obtuvieron al promediar las repeticiones por subzona y las medias de todas las subzonas, respectivamente. Se obtuvo que la MDF y la DS de los individuos varió entre 17.5 a 33.46 µm y 3.91 a 7.12 µm, respectivamente. Se encontró que la zona corporal con menor MDF y DS fue VC con 20.78 y 5.79 µm, respectivamente. Finalmente, la correlación entre la subzona VC2 y el vellón para MDF y DS fue 0.93 y 0.83, respectivamente.

Palabras claves: diámetro, variación, zonas corporales, fibra, alpaca.

EFECTO DEL SEXO Y COLOR SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN ALPACAS DESTETADAS RAZA HUACAYA

EFFECT OF SEX AND COLOR ON ECONOMICALLY IMPORTANT CHARACTERISTICS IN WEANED HUACAYA ALPACAS

Paul Mayhua[1,2*]; Wilmer Arana[1]; Abel Ramos[3] , Manuel Castrejón[1]

[1]Departamento Académico de Zootecnia, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
[2]Laboratorio de transformación de fibras especiales, Escuela profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
[c3]Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos- Lachocc, Escuela profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
paul.mayhua@unh.edu.pe

El presente trabajo fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos (CIDCS-Lachocc) de la Universidad Nacional de Huancavelica el 2023, con el objetivo de determinar el efecto del sexo y color sobre el peso al destete (PD), altura a la cruz (AC) y longitud de mecha (LM) en alpacas destetadas de raza Huacaya. Para tal efecto se utilizó modelo lineal aditivo, teniendo como factores fijos al sexo y color. Las mediciones fueron realizadas en 147 alpacas destetadas de raza Huacaya, 78 machos y 69 hembras, identificando alpacas de color blanco, café, LF y negro, el PD se registró con una balanza digital de 100 kg, AC con cinta métrica adaptado a una madera y LM con una regla de 20 cm. El PD, AC y LM de alpacas destetadas de raza Huacaya fueron similares entre machos y hembras ($p>0.05$). El factor color tuvo efecto sobre la altura a la cruz ($p<0.05$), donde el color LF (81.46 ± 5.55) mostró el mayor crecimiento longitudinal de la fibra. En conclusión, la altura a la cruz está afectado por el color de las alpacas destetadas de raza Huacaya y también se observó correlación positiva ($r=0.65$) moderada entre el peso al destete y la altura a la cruz ($p<0.001$).

Palabras clave: Alpaca, color, destete, Huacaya.

EJE TEMÁTICO VII:
OTROS

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL CUERO DE LLAMA MEDIANTE EL MÉTODO WET-BLUE

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LLAMA LEATHER USING WET-BLUE METHOD

Candio Lopez Julissa[1*]; Julio Tolentino Garriazo[2]; Wilder Trejo Cadillo[1]

[1]Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú
[2]Laboratorio de curtiembre, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú
jcandio@lamolina.edu.pe

La llama (*Lama glama*) es un camélido doméstico de gran importancia económica y cultural en las zonas altoandinas del Perú. La población actual es de alrededor 1.257.000 cabezas y se localizan principalmente en las regiones de Puno, Cusco, Huancavelica, Ayacucho y Arequipa. La proporción de llamas beneficiadas actualmente se estima entre el 12% de la población actual, equivalente a 150,840 llamas; ahora bien, es de conocimiento que alrededor del 90 % de las pieles se pierden por escaso conocimiento de técnicas de desuello y conservación, lo cual se traduce en un volumen (Tn) importante de pieles sin procesar, que no son aprovechadas comercialmente y que se convierten en un factor de contaminación. El curtido wet-blue, también conocido como curtido al cromo, es un método que transforma la piel en cuero confiriendo las características de suavidad, resistencia y alta durabilidad muy reconocida en el mercado. El presente estudio tiene como objetivo evaluar las características físicas de espesor (mm), resistencia a la ruptura de flor (mm), tamaño promedio (pie^2), cromo total en el cuero de llama (mg/L) obtenido mediante el método wet-blue. Así mismo también se evaluó la calidad del cuero de llama para diferentes aplicaciones como talabartería, calzado y prendas de vestir. La evaluación del curtido de 40 kg de piel de llama en estado de conservación seco salado a cuero, tuvo como resultado un grosor promedio de 1.27 mm, resistencia a la ruptura de flor de 9.45 mm, tamaño de promedio 8.07 pie^2 y cromo total de 1085.00 mg/L. Es así que, el cuero de llama obtenido mediante el método wet-blue presenta características adecuadas a los requerimientos del mercado, con un potencial uso para la confección de calzado. Es necesario continuar con investigaciones que optimicen el proceso de curtido wet-blue, para minimizar los posibles riesgos ambientales.

Palabras clave: llama, piel, cuero, cromo, wet-blue

ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA Y LIPOLÍTICA DEL CUAJO OBTENIDO DE FETOS Y CRÍAS DE ALPACA

PROTEOLYTIC AND LIPOLYTIC ACTIVITY OF RENNET OBTAINED FROM ALPACA FETUS AND SUCKLING CALF

Fidel Rodolfo Mujica Lengua[1*]; Yanet Rosmery Tenorio Bautista[1]; Mijail Contreras Huamaní[2]

[1] Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
[2] Estación Experimental Agraria "Canaán", INIA, Ayacucho, Perú.
fidel.mujica@unsch.edu.pe

La utilización de cuajo de fetos y crías lactantes de alpaca para elaborar quesos artesanales con leche de vaca es una práctica ancestral en muchas comunidades altoandinas de Ayacucho y Huancavelica, no estando reportado científicamente. El objetivo fue determinar la fuerza de cuajo, actividad proteolítica y actividad lipolítica en los compartimentos I, II y III del estómago. Se recolectaron 15 estómagos de fetos del último tercio de gestación y 15 estómagos de crías lactantes de 1-7 días de edad, los cuales fueron transportados en NL a -196°C. A partir de 2.5 g de tejido gástrico triturado de cada uno de los compartimentos, se obtuvo el Extracto Enzimático Crudo (EEC), que se conservó a -20°C. La fuerza de cuajo en el EEC de fetos fue de 1:2653.32 ^{cA}, 1:10119.63 ^{bA} y 1:26817.24 ^{aA}, respectivamente; y en el EEC de crías lactantes fue de 1:2123.58 ^{cA}, 1:9549.05 ^{bA} y 1:20117.04 ^{aA}, respectivamente. La actividad proteolítica en el EEC de fetos fue de 1.75 ± 0.60 ^{cB}, 2.80 ± 0.86 ^{bB} y 4.09 ± 1.23 ^{aB}, respectivamente; y en el EEC de crías lactantes fue de 3.18 ± 0.99 ^{bA}, 3.96 ± 1.15 ^{bA} y 5.09 ± 1.34 ^{aA}, respectivamente. La actividad lipolítica en el EEC de fetos fue de 5.95 ± 0.67 ^{bB}, 6.03 ± 0.75 ^{bB} y 8.00 ± 0.66 ^{aB}, respectivamente; y en el EEC de crías lactantes fue de 7.09 ± 0.63 ^{bA}, 8.24 ± 1.76 ^{aA} y 8.85 ± 0.85 ^{aA}, respectivamente. Utilizando las pruebas de Tukey y t-Student, se encontró diferencia estadística $P \leq 0,05$ entre fetos y crías lactantes y entre los tres compartimentos estomacales. Se concluye que en el estómago de fetos y crías de alpaca la producción de enzimas coagulantes se da en los tres compartimentos del estómago, especialmente en el CIII y la actividad tanto proteolítica como lipolítica es ascendente del CI al CIII.

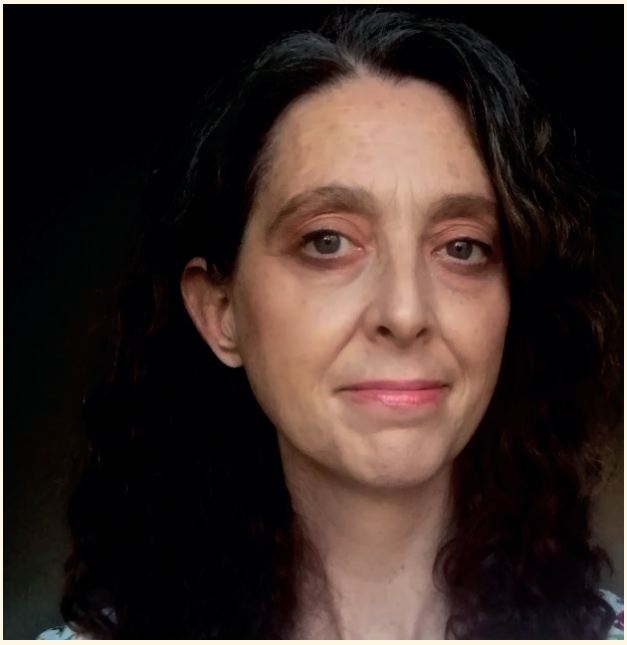
Palabras clave: *cuajo, extracto enzimático crudo, fuerza de cuajo.*

HOMENAJE PÓSTUMO A LA DRA. FLORENCIA DI ROCCO

(1973 – 2024)

Silvana Daverio[1]; Melina Anello[1]
[1]Laboratorio de Genética Molecular, Instituto Multidisciplinario de Biología Celular, La Plata, Argentina

Florencia Di Rocco fue una incansable investigadora que dedicó su carrera al estudio de la genética de los Camélidos Sudamericanos. Con más de veinte años de trayectoria, fue jefa del Laboratorio de Genética Molecular del Instituto Multidisciplinario de Biología Celular (IMBICE)-La Plata, Buenos Aires, Argentina, donde realizó numerosas contribuciones científicas. Entre estas, se destacan la secuenciación de los genomas mitocondriales de la vicuña y el guanaco[1], el estudio de los genes mitocondriales COX y su papel en la adaptabilidad de la familia Camelidae a ambientes extremos[2]. Además, Florencia desarrolló y lideró líneas de investigación y proyectos relacionads al estudio de genes candidatos para el color de la capa y las características de la fibra en llamas y en alpacas [3-9]. Dedicó gran parte de su carrera a la formación de recursos humanos, dirigiendo a tesistas de grado, posgrado y de carrera de investigador. Por sobre todo, destacamos su calidez humana y su liderazgo; Florencia siempre apoyó y acompañó a su grupo, en el ámbito laboral y personal. Sin dudas, su ausencia deja un vacío enorme para todos sus colegas, quienes siempre la recordaremos con mucho amor y cariño.



1 Di Rocco F, Zambelli A, Maté L, Vidal-Rioja L. 2010. The complete mitochondrial DNA sequence of the guanaco (Lama guanicoe): Comparative analysis with the vicuña (Vicugna vicugna) genome. Genetica 138:813–818. https://doi.org/10.1007/s10709-010-9465-9

2 Di Rocco F, Parisi G, Zambelli A, Vida-Rioja L. 2006. Rapid evolution of cytochrome c oxidase subunit II in camelids (Tylopoda, Camelidae). J Bioenerg Biomembr 38:293–297. https://doi.org/10.1007/s10863-006-9048-8

3 Daverio MS, Rigalt F, Romero S, et al (2016) Polymorphisms in MC1R and ASIP genes and their association with coat color phenotypes in llamas (Lama glama). Small Rumin Res 144:83–89. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.08.003

4 Daverio MS, Vidal-Rioja L, Frank EN, Di Rocco F (2017) Molecular characterization of the llama FGF5 gene and identification of putative loss of function mutations. Anim Genet 48:716–719. https://doi.org/10.1111/age.12616

5 Anello M, Daverio MS, Silbestro MB, Vida-Rioja L, Di Rocco F. 2019. Characterization and expression analysis of KIT and MITF M genes in llamas and their relation to white coat color. Anim Genet 50:143–149. https://doi.org/10.1111/age.12769

6 Anello M, Fernández E, Daverio MS, Vida-Rioja L, Di Rocco F. 2019. TYR gene in llamas: Polymorphisms and expression study in different color phenotypes. Front Genet 10:1–9. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00568

7 Anello M, Daverio, MS, Rodriguez SS, Romero SR, Renieri C, Vidal Rioja L, Di Rocco F. 2022. The ASIP gene in the llama (Lama glama): transcripts, expression and relation with color phenotypes. Gene. 09:146018. https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.146018

8 Anello M, Daverio, M.S, Di Rocco F.2022. Genetics of coat color and fiber production in llamas and alpacas. Animal Frontiers, Volume 12, Issue 4, Pages 78–86. https://doi.org/10.1093/af/vfac050

9 Anello M, García Folco G, Di Rocco F. 2023. Detection and characterization of nuclear mitochondrial DNA (NUMTs) in the alpaca genome. Small Ruminant Research 224 (2023) 106986. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.106986

Di Rocco, como la llamé siempre, se fue a un viaje eterno. Una gran mentora, dedicada, trabajadora, honesta y justa. Una gran coequiper con quien tomamos riesgos de encarar temas nuevos, porque siempre le decía que para fracasar había tiempo. Di Rocco, mi coequiper de viajes y muestreos. Mi codirectora en lo académico y familia en lo personal, una compañera de hierro. Y así anduvimos, a la par, y así prefiero recordarte, conociendo a tantas personas en el camino, generando contactos que tan bien nos hizo para el laboratorio, sumando proyectos nuevos y que vaya que dieron resultados. Prefiero recordarte así, en cada viaje, en cada sonrisa, en cada consejo, en cada corrección de papers y proyectos, que no hubo domingo que nos tuviera. Sepan que perdimos a una gran colega, que siendo bioquímica se dedicó de lleno a la Genética Molecular y que luchó siempre por dejar en alto a los Camélidos Sudamericanos. Di Rocco brillará por siempre en cada rinconcito de nuestro lab.

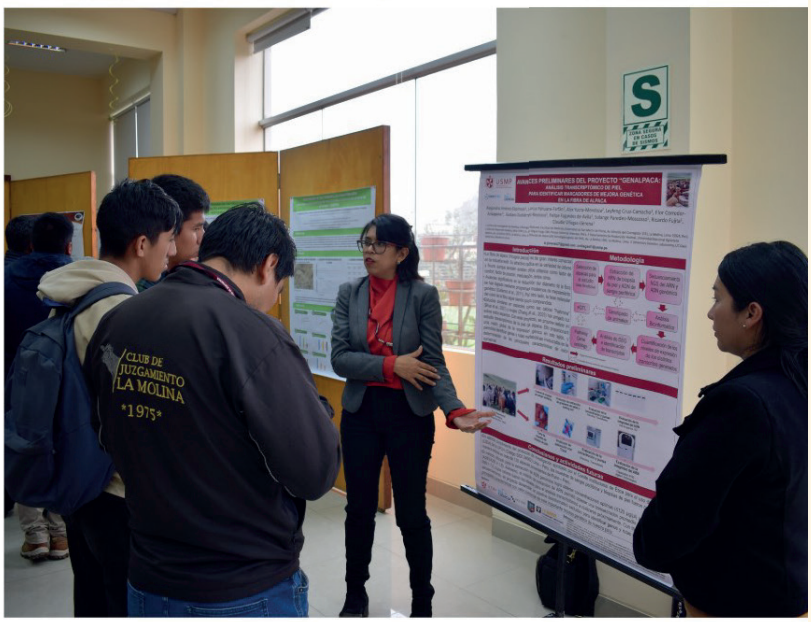
Silvana

Florencia fue mucho más que una directora para mí, me formó como profesional y como persona, sin nunca dejar de darme la libertad para tomar mis propias decisiones. Me acompañó y dejó crecer. Entre diferencias y discusiones jamás dejó de confiar en mí. Juntas desarrollamos ideas, pensamos proyectos, discutimos resultados y crecimos. Si tuviera que volver el tiempo atrás, volvería a elegirla sin dudarlo.

Melina

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
MOLINA
MOLINA

Coopecan
SISTEMA
BLOCKCHAIN
STAND 6
COOPECAN


CLUB DE
JUZGAMIENTO
LA MOLINA
1975
Metodología

FACULTAD DE ZOOTECNIA

Organizan:

Auspician:

ISBN: 978-612-49780-7-4