

Valoración retrospectiva del bienestar animal en caprinos portadores de cachemira por determinación de cortisol en fibra

Retrospective assessment of animal welfare in cashmere-wearing goats by determining fiber cortisol

Avaliação retrospectiva do bem-estar animal em cabras que usam caxemira por meio da

Castillo M¹ <http://orcid.org/0000-00024738-7543>, Cerutti DA¹ <https://orcid.org/0000-0003-2748-3578>,
Palermo PV¹ <https://orcid.org/0000-0001-9001-5094>, Castillo MF² <https://orcid.org/0000-0003-1417-0417>,
Prieto A² <https://orcid.org/0000-0002-0815-7518>, Frank EN³ <https://orcid.org/0000-0001-7860-3563>

¹ Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Pampa. calle 5 esquina 116, General Pico (6360), La Pampa.

² IRNASUS, CONICET- Universidad Católica de Córdoba. Obispo Trejo 323, Córdoba,

³ Sede Universitaria Chamical, Universidad Nacional de La Rioja, Castro Barros 522, Chamical (5380), La Rioja.

Correo electrónico: mcastillo@vet.unlpam.edu.ar
DOI: <https://doi.org/10.19137/cienvet.v27.9310>

Fecha de recibido: 15 de agosto de 2025 **Fecha de aceptado para su publicación:** 29 de octubre de 2025

Resumen

El cortisol capilar tiene utilidad como biomarcador para evaluar el estrés, la fibra puede acumularlo por incorporación desde la sangre a células del folículo piloso y por producción local. En caprinos con vellón doble capa, la fibra gruesa crece en verano-otoño y se desprende en primavera parcial y desfasadamente; y la fibra fina crece hasta abril-mayo, se desprende en junio-septiembre, mudando visiblemente en primavera. Su obtención por peinado es repetitiva, difícil de optimizar, y objetada desde el bienestar animal. La esquila incluye el vellón completo, exponiendo al animal al ambiente. El objetivo del estudio fue evaluar la utilidad del dosaje de cortisol en fibra como indicador



retrospectivo del estrés animal, y comparar los niveles obtenidos de la media poblacional post-esquila con los de manejo no invasivo. Cabras criollas en condiciones semi-extensivas en La Pampa, se esquilaron a mediados de noviembre, se muestrearon por tricotomía en febrero del año siguiente, y en un ciclo posterior en mayo. El cortisol en fibra se determinó por un método automatizado comparando base y punta de la fibra, y con la media poblacional post-esquila. Resultó que los niveles de cortisol son significativamente ($p < 0,05$) más bajos en la base de la fibra comparados con la media post-esquila, mientras que con la punta no difieren. Esto sugiere que la etapa subsiguiente a la esquila fue de mayor estrés a una etapa posterior de menor carga fisiológica. Esta diferencia permite justificar el uso de métodos alternativos de recolección de fibra no invasivos promoviendo el bienestar animal.

Palabras clave: Cabras, Fibra animal, Esquila, Estrés, Biomarcador

Abstract

Hair cortisol is useful as a biomarker for assessing stress, as the fiber can accumulate it through uptake into hair follicle cells from the blood and through local production. Goats with a double-coated fleece have coarse fibers that grow in summer-autumn and partially and asynchronously shed in spring; and fine fibers that grow until April-May, shed between June-September, and molt visibly in spring. Its collection by combing is repetitive, difficult to optimize, and questioned from an animal welfare standpoint. Shearing includes the entire fleece and exposes the animal to the environment. The aim was to evaluate the usefulness of cortisol measurement in fiber as a retrospective indicator of animal stress, and to compare the levels obtained from the average post-shearing population with those from non-invasive handling. Creole goats under semi-extensive conditions in La Pampa were shorn in mid-November, sampled by trichotomy in February of the following year, and in a subsequent cycle in May. Fiber cortisol was determined by an automated method by comparing the base and tip of the fiber with the post-shearing population data. Cortisol levels were significantly ($p < 0.05$) lower at the base of the fiber compared to the post-shearing mean, while no differences were found at the tip. This suggests that the stage following shearing involved higher stress compared to a later stage with lower physiological load. This difference supports the use of alternative fiber collection methods in a non-invasive way, promoting animal welfare.

Keywords: Goats, Animal fiber, Shearing, Stress, Biomarker

Resumo

O cortisol capilar é considerado um biomarcador útil para a avaliação do estresse, uma vez que a fibra pode acumulá-lo tanto por incorporação às células do folículo piloso a partir do sangue quanto por produção local. Os caprinos que apresentam um velo de dupla camada possuem uma fibra grossa que cresce no verão-outono e se desprende na primavera, de forma parcial e desfasada; e uma fibra fina que cresce até abril-maio, se desprende em junho-setembro e muda visivelmente na primavera. Sua obtenção por meio da penteação é repetitiva, difícil de otimizar e contestada sob o ~~de~~-ponto de vista do bem-estar animal. A tosquia inclui o velo e expõe o animal às condições ambientais. O objetivo foi avaliar a utilidade da dosagem de cortisol na fibra como indicador retrospectivo do estresse animal e comparar os níveis obtidos da média populacional pós-tosquia com aqueles de manejo não invasivo. Cabras crioulas, em condições semi-extensivas na província de La Pampa, foram tosquiadas em meados de novembro, amostradas por tricotomia em fevereiro do ano seguinte e, em um ciclo posterior, em maio. O cortisol na fibra foi determinado por meio de um método automatizado. Compararam-se a base e a ponta da fibra, bem como ambas, em relação ao valor populacional pós-tosquia. Os níveis de cortisol foram significativamente menores ($p < 0,05$) na base da fibra em comparação com a média pós-tosquia, enquanto não diferiram em relação à. Esse resultado sugere que a etapa subsequente à tosquia esteve associada a um maior nível de estresse, em contraste com uma fase posterior de menor carga fisiológica. Essa diferença permite justificar o uso de métodos alternativos de coleta de fibra, de forma não invasiva, promovendo o bem-estar animal.

Palavras-chave: Cabras, Fibra animal, Tosquia, Estresse, Biomarcador

Introducción

La activación del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (HHA) cumple principalmente una función adaptativa, descrita en el marco del Síndrome General de Adaptación (GAS). ⁽¹⁾

Las actividades físicas y reproductivas, los estados de la psiquis, los procesos metabólicos, así como los cambios ambientales y climáticos, el riesgo de depredación, las enfermedades y las competencias sociales, pueden inducir un aumento en la producción de cortisol por la glándula suprarrenal para esta respuesta. (2, 3, 4)

El bienestar animal se evalúa considerando el estrés, (4) y el cortisol capilar tiene utilidad como biomarcador para dicho estrés. (5, 6, 7, 8) Sin embargo, según estudios previos este indicador no es sensible a episodios de estrés agudo, incluyendo el causado por el manejo durante los procedimientos de muestreos. (6)

La fibra capilar es un biomaterial que puede acumular glucocorticoides durante meses⁽⁶⁾ Se han propuesto modelos en ovinos y caprinos sobre la incorporación de compuestos a esta fibra en crecimiento por difusión desde la sangre hacia las células del folículo piloso.^(9, 10, 11, 12) Las cabras Shiba tras la administración de corticotropina (ACTH) para inducir eficazmente concentraciones de cortisol similares a las del estrés, necesitaron 14 días de efecto diario para aumentar las concentraciones de cortisol en el pelo un mes de crecimiento después. ⁽¹³⁾

El cortisol también se produce localmente en los folículos pilosos. ^(14, 15) La piel expresa todos los elementos del eje HHA, mantiene la homeostasis basal relacionada con el estrés en vertebrados, incluyendo la hormona liberadora de corticotropina (CRH), la proopiomelanocortina (POMC), la ACTH, la β -endorfina (β -END) con sus receptores correspondientes, la vía glucocorticoidogénica y el receptor de glucocorticoides (GR). Puede responder a procesos físicos, químicos o inflamatorios. ^(14, 15, 16) La capacidad de activar o modificar la distribución espacial de los elementos del eje HHA cutáneo depende también de longitudes de onda de alta energía (UVC y UVB), lo que implica una dependencia de la respuesta local al estrés en su actividad nociva, con mecanismos superpuestos o alternativos activados por la radiación UVA. ⁽¹⁷⁾

El cortisol en fibra capilar animal, fue determinado entre otros, en lana de ovejas Corriedale confinadas, por inmunoensayo de quimioluminiscencia; ⁽⁷⁾ en mohair de cabritos Angora de la Patagonia Argentina en pastoreo y a corral, por cromatografía líquida de alta resolución; ⁽¹⁸⁾ y en cabras Frisa o Frontalasca (raza autóctona de Lombardia, Italia) con vellón doble capa, mantenidas en corrales interiores antes de la trashumancia, y tras uno o dos meses de pastoreo respectivamente, por enzimoinmunoensayo.⁽¹⁹⁾

Las cabras con vellón de doble capa, como las cabras de Cachemira, presentan dos tipos de fibra, una gruesa o *cover* y otra fina o *down*. La fibra gruesa, es producida por los folículos pilosos primarios entre el verano y el otoño (de noviembre a abril) y se desprende en primavera, mudando parcial y desfasadamente.⁽²⁰⁾ La fibra fina es originada por los folículos pilosos secundarios, conforma la capa interna, suave y aislante, cuyo diámetro medio no presenta variaciones significativas durante todo el ciclo;⁽⁹⁾ su tasa de crecimiento es máxima entre abril y mayo (\bar{x} : 428,90 $\mu\text{m}/\text{día}$ y E. E.: 38,56 $\mu\text{m}/\text{día}$), manteniéndose relativamente uniforme entre junio y noviembre (\bar{x} : 326,69 $\mu\text{m}/\text{día}$ y E. E.: 39,67 $\mu\text{m}/\text{día}$), para luego reactivarse a partir del verano. El desprendimiento de esta fibra fina (cachemira) inicia entre junio-septiembre, con un pico máximo en agosto. La muda visible se manifiesta inicialmente en las regiones corporales anteriores a partir de septiembre, completándose durante la primavera.^(9, 10, 21)

La obtención de cachemira por peinado tiene repeticiones y es difícil de optimizar, este método además de ser extremadamente laborioso, está objetado por normas del bienestar animal. La esquila incluye las dos capas pilosas (vellón completo), con lo cual se pone en riesgo a las cabras por su alta sensibilidad a temperaturas bajas, ya que debe realizarse antes de la muda primaveral para no afectar el rendimiento. De todos modos, cualquiera sea el momento en que se realice la esquila, el animal queda expuesto al ambiente de una forma que no se da en su ciclo natural. Es necesario explorar métodos en concordancia con el bienestar animal.⁽⁹⁾

El objetivo de este estudio fue evaluar la utilidad del dosaje de cortisol en fibra como indicador retrospectivo del estrés animal, y comparar los niveles obtenidos de la media poblacional post-esquila con los de manejo no invasivo.

Materiales y Métodos

Lugar de trabajo

El estudio se realizó dentro de las latitudes (30° - 40° LS), que comprenden el área de producción caprina en Argentina. Se trabajó con un hato a los 35° LS, en la localidad de Rancul, provincia de La Pampa.

Animales

Se utilizaron caprinos hembra del biotipo criollo con producción de fibra y en edad reproductiva pertenecientes a un mismo hato.

Manejo de los animales y muestreo

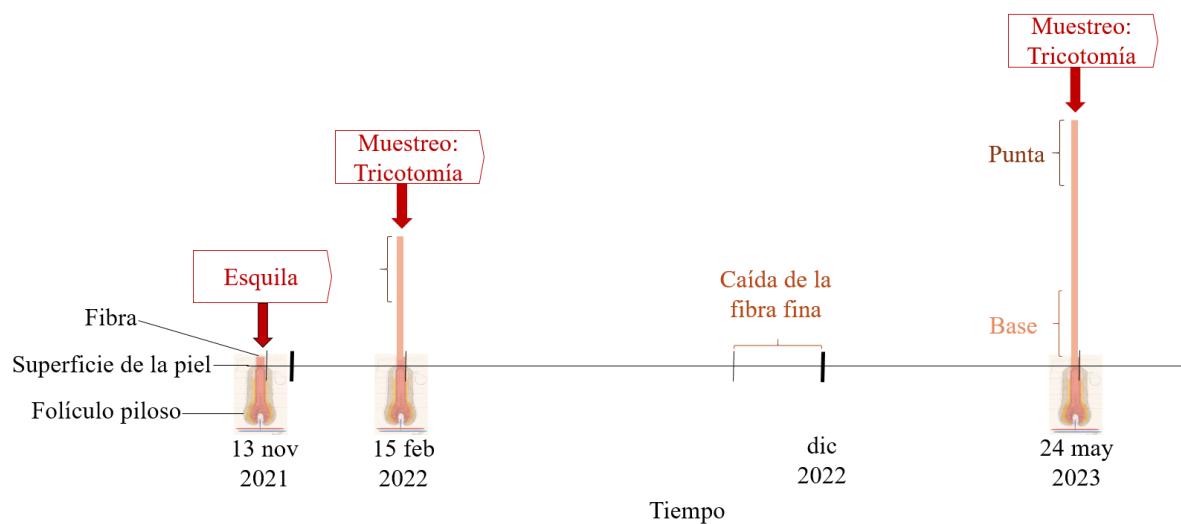
Las condiciones de manejo de los animales estuvieron acordes con las exigencias de bienestar animal, garantizando el cumplimiento de las cinco libertades establecidas por Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA, antes OIE).⁽²²⁾

En la segunda semana del mes de noviembre quince cabras pertenecientes al mismo hato, mantenidas bajo un sistema de manejo semi-extensivo, fueron esquiladas mediante el método tradicional utilizado para ovinos, empleando una esquiladora mecánica propiedad de la comparsa de esquila. Posteriormente, cuando la fibra volvió a crecer (crecimiento post-esquila), se realizó la toma de muestras en la segunda semana de febrero mediante tricotomía al ras de la piel en la región del flanco (Figura 1).

Manteniendo las condiciones agroecológicas y de manejo del hato, y luego de la muda natural de primavera, se efectuó la segunda toma de muestras durante la tercera semana del mes de mayo, correspondiente a un nuevo ciclo de crecimiento de la fibra sin esquila previa. En esta instancia, se tomaron muestras de fibra de seis cabras del conjunto inicial, utilizando la misma técnica de tricotomía. En esta muestra, la punta de la fibra (P) corresponde al primer periodo anual, mientras que la base (B) al último periodo de su crecimiento (Figura 1).

Las muestras fueron acondicionadas en bolsas de nylon y rotuladas indicando la especie, identificación del animal, región corporal específica y fecha de recolección.

Figura 1



Manejo de las cabras y muestreo de fibra

Análisis de las muestras de fibra

Las muestras de fibra fueron inicialmente acondicionadas en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Pampa y posteriormente enviadas al Laboratorio de Análisis de Fibras Textiles Animales (LAFTA) del Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Sustentabilidad (IRNASUS) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba (UCC). A cada muestra se le realizó el correspondiente registro identificadorio con códigos propios del laboratorio; y un lavado con isopropanol (para eliminar el cortisol exógeno o contaminantes superficiales que pudieran interferir en la determinación analítica) durante dos minutos, se dejaron secar a temperatura ambiente durante la noche y, una vez secas, se colocaron en bolsas de nylon rotuladas indicando la especie, la identificación del animal, la región corporal específica de muestreo y la fecha de recolección.

Tras el lavado y reacondicionamiento, las muestras fueron remitidas a la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires para la determinación de cortisol.

Por cada muestra, el grupo de fibras se alineó desde la base hacia la punta, identificándose longitudinalmente el segmento que correspondía al periodo de crecimiento indicado, que se seccionó y se utilizó en un peso mínimo de 20 mg.

El cortisol se extrajo mediante agitación y posterior incubación nocturna, utilizando metanol como solvente de extracción. Se tomó una alícuota del extracto y el solvente evaporado antes de ser reconstituido y procesado por un método automatizado de inmunoensayo quimioluminiscente (autoanalizador Cobas e411, Roche Diagnostics, Mannheim, Alemania). El sistema fue estandarizado con Cortisol Enzymun-Test, calibrado mediante espectrometría de masas por dilución isotópica (ID-MS). La sensibilidad analítica (límite de detección) es de 0,5 nmol/L y presenta las siguientes reactividades cruzadas: corticosterona 5,8%; cortisol-21-sulfato 0,04%; cortisona 0,30%; 11-desoxicorticosterona 0,69%; 11-desoxicortisol 4,1%; dexametasona 0,08%; 17- α -hidroxiprogesterona 1,50%; prednisona 0,28%; progesterona 0,35%.

Como control de calidad se utilizó el inmunoensayo BIO-RAD Liphochek Plus. ⁽⁸⁾

Análisis estadístico

Se realizó análisis estadístico de Mann-Whitney para comparar base y punta de la fibra, y test de Student para parámetro fijos para comparar con el dato poblacional post-esquila.

Se utilizó el programa NAVURE, 2023.

Resultados

Tabla 1.

Comparación de las concentraciones de cortisol entre la punta y la base de la fibra de los caprinos sin esquila

Media B	Media P	Prueba	Estadístico	p-valor
---------	---------	--------	-------------	---------

Base (B)	Punta (P)	0,5714	4,25	Mann- Whitney	5,0	0,079
----------	-----------	--------	------	------------------	-----	-------

Tabla 2.

Comparación de las concentraciones de cortisol con la media poblacional post-esquila (6,23 pg/mg)

Grupo	Media observada	Media poblacional	Prueba T	Estadístico t	p-valor
			una muestra		
Base (B)	0,5714	6,23	Sí	-13,2033	0,0
Punta (P)	4,25	6,23	Sí	-1,049	0,3712
Promedio	1,9091	6,23	Sí	-4,9181	0,0006
Total					

Discusión

Si bien la activación del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (HHA) tiene principalmente una función adaptativa, no siempre está asociada a estímulos negativos, de acuerdo con el clásico Síndrome General de Adaptación (GAS); ⁽¹⁾ en el presente trabajo la media de cortisol en fibra del hato caprino en el periodo contiguo a la esquila fue superior a los

valores reportados previamente en ovinos y caprinos.^(19, 7, 18) No obstante, dichos trabajos no consideraron la esquila como evento desencadenante de la respuesta observada.

En ovejas Corriedale confinadas y no sometidas a estrés, el cortisol de la lana, correspondiente a 21 días de crecimiento, determinado por inmunoensayo de quimioluminiscencia, referencia concentraciones en el extracto de lavado (con isopropanol: 1,16 pg/mg), en lana seca (0,30 pg/mg) y residual (extracto metanólico con partículas finas de lana que quedaron: 1,17 pg/mg), alcanzando un total de 2,63 pg/mg.⁽⁷⁾ Otros trabajos afirman que se debe trabajar en la validación de las técnicas de dosaje de cortisol,⁽⁵⁾ así como estandarizar el extracto a utilizar y el rango de valores de referencia del caso.

Estudios previos en cabras informan valores de cortisol hallados en fibra. En cabritos de raza Angora, de cuatro meses de edad, mantenidos en pastoreo en la Patagonia Argentina, en un ensayo de 107 días, los valores de cortisol determinado sobre su fibra (mohair), por un método de extracción similar al mencionado para lana, pero medido con cromatografía líquida de alta resolución, no fueron mayores a 1,75 pg/mg. En contraste, los animales mantenidos a corral presentaron valores significativamente menores. ⁽¹⁸⁾ Ante estas dos situaciones productivas comunes, es posible utilizar para cabritos esta base de referencia.

Por otra parte, en cabras Frisa o Frontalasca (raza autóctona de Lombardia, Italia) con vellón doble capa, el cortisol en el pelo correspondiente a 30 días de crecimiento, determinado por enzimoinmunoensayo, cambia durante la trashumancia, posiblemente reflejando diferentes contenidos dietéticos y actividades del eje HHA. Los valores oscilaron entre 1 pg/mg mantenidos en corrales interiores antes de la trashumancia y 2,75_3,33 pg/mg tras uno y dos meses de pastoreo, respectivamente.⁽¹⁹⁾ En congruencia con que estas actividades pueden inducir un aumento en la producción de cortisol por la glándula suprarrenal;⁽²⁾ y factores como cambios ambientales, climáticos y riesgo de depredación, pueden provocar la activación del eje HHA como respuesta adaptativa.^(3, 4)

Entre los distintos trabajos se observan variaciones en los tipos de animales evaluados, los métodos analíticos empleados y, en algunos casos, en las condiciones agroecológicas. Sin embargo, en cabras para inducir eficazmente concentraciones de cortisol similares a

las generadas bajo condiciones de estrés, se necesitaron 14 días de estímulo diario para reflejar el aumento de cortisol en el pelo un mes después⁽¹³⁾.

Es de considerar que el cortisol también se produce localmente en los folículos pilosos.^(14, 15) La piel expresa todos los elementos del eje HHA, mantiene la homeostasis basal relacionada con el estrés en vertebrados; este sistema cutáneo es capaz de responder a procesos físicos, químicos o inflamatorios.^(14, 15, 16) Además la capacidad de activar o modificar la distribución espacial de los elementos del eje HHA cutáneo depende de longitudes de onda de alta energía (UVC y UVB), lo que implica una dependencia de la respuesta local al estrés en su actividad nociva, con mecanismos superpuestos o alternativos activados por la radiación UVA.⁽¹⁶⁾

Dado que la maniobra de esquila es un evento puntual capaz de generar un estrés agudo y considerando que las variables inherentes a la función adaptativa están contempladas, en este caso como el animal queda desprovisto de sus dos capas pilosas y más expuesto al ambiente, situación no presente en su ciclo natural, la variación sobre los niveles de cortisol se puede pensar como respuesta a efectos posteriores de la esquila.

Conclusiones

La cuantificación del cortisol en fibra se presenta como un indicador útil para la evaluación retrospectiva del estrés animal en caprinos, permitiendo comparar períodos establecidos, teniendo como referencia los valores intrínsecos de la población, dado que no se determinó un parámetro para la variable en la especie y tipo de animal en particular.

Los resultados obtenidos indican que los niveles de cortisol son significativamente más bajos en la base de la fibra en comparación con la media poblacional post-esquila, mientras que los niveles determinados en la punta de la fibra no difieren significativamente. Esto sugiere que la etapa subsiguiente a la esquila fue de mayor estrés, en contraste con una etapa posterior de menor carga fisiológica. Esta diferencia permite justificar el uso de métodos alternativos de recolección de fibra, a modo no invasivo promoviendo el bienestar animal.

Bibliografía

1. Möstl E, Palme R. Hormones as indicators of stress. *Domest Anim Endocrinol*. 2002; 23: 67-64. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(02\)00146-7](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(02)00146-7)
2. Heimbürge S, Kanitz E, Otten W. The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *Gen Comp Endocrinol*. 2019; 270:10-7. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.09.016>
3. Rubenstein DR, Alcock J. *Animal Behaviour*, 11th Ed. Oxford: Oxford University Press. 2018; p. 548.
4. Wiepkema PR, Koolhaas JM. Estrés y bienestar animal. *Bienestar Animal* (South Mimms, Inglaterra). 1993; 2 (3):195-218. Disponible en <https://www.ingentaconnect.com/contentone/ufaw/aw/1993/00000002/00000003/art00002>
5. Burnard C, Ralph C, Hynd P, Hocking Edwards J, Tilbrook A. Cortisol capilar y su valor potencial como medida fisiológica de la respuesta al estrés en animales humanos y no humanos. *Animal Production Science*. 2017; 57: 401-414. Disponible en <https://doi.org/10.1071/AN15622>
6. Gow R, Thomson S, Rieder M, Van Uum S, Koren G. An assessment of cortisol analysis in hair and its clinical applications. *Forensic Sci. Int.* 2010; 196:32-37
7. Ghassemi Nejad J, Lohakare JD, Son JK, Kwon EG, West JW, Sung KI. Wool cortisol is a better indicator of stress than blood cortisol in ewes exposed to heat stress and water restriction. *Animal*. 2014; 8 (1):128-132.
8. Iglesias S, Jacobsen D, Gonzalez D, Azzara S, Repetto EM, Jamardo J, Gómez SG, Mesch V, Berg G, Fabre B. Hair cortisol: A new tool for evaluating stress in programs of stress management. *Life Sci*. 2015; 15 (141):188-192. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.10.006>.

9. Castillo M. Estudio de la biología del crecimiento de la fibra de las cabras criollas portadoras de cachemira y de métodos innovadores (naturales) para su obtención. Tesis Doctoral. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba. 2025; 140 pp.
10. Castillo M, Gómez MB, Cerutti DA, Palermo PV, Prieto A, Hick MVH, Castillo MF, Frank EN. Desarrollo de un modelo que explica el efecto de la mimosina sobre el folículo piloso de cabras productoras de cachemira a partir de imágenes histológicas de piel y fibra. VETEC Revista Académica de Investigación, Docencia y Extensión de las Ciencias Veterinarias. Edición Especial: I Jornadas de Histología y Embriología Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Pampa. 2023; 4 (3): 45-46. Disponible en <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/Vetec/article/view/8037/8888>
11. Chapman RE, Downes AM, Wilson PA. Migration and Keratinization of Cells in Wool Follicles. Australian Journal of Biological Sciences. 1980; 33: 587-603.
12. Ryder ML. The blood supply to the wool follicle. Proc. Of the Int. Wool Textile research conference, Australia. 1995; 1956.p. F-63.
13. Endo N, Yamane H, Rahayu LP, Tanaka T. Effect of repeated adrenocorticotropic hormone administration on reproductive function and hair cortisol concentration during the estrous cycle in goats. Gen Comp Endocrinol. 2018; 259: 207-12. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2017.11.027>
14. Ito N, Ito T, Kromminga A, Bettermann A, Takigawa M, Kees F, Straub RH, Paus R. Human hair follicles display a functional equivalent of thehypothalamic-pituitary-adrenal axis and synthesize cortisol. FASEB J. 2005; 19: 1332-1334.
15. Slominski A, Wortsman J. Neuroendocrinology of the skin. Endocr Rev. 2000; 21: 457-487.
16. Slominski A, Wortsman J, Tuckey RC, Paus R. Expresión diferencial del homólogo del eje HPA en la piel. Endocrinología molecular y celular. 2007; 265 (266): 143-149.
17. Skobowiat C, Dowdy JC, Sayre RM, Tuckey RC, Slominski A. Cutaneous hypothalamic-pituitary-adrenal axis homolog: regulation by ultraviolet radiation. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2011; 301 (3): 84-93. Disponible en <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00217.2011>

18. Odeon MM, González E, Bruno-Galarraga M, Castillo D, Fernandez J, Cancino K, Giovannini N, Villagra S, Villar L. Niveles de cortisol en fibra de Mohair: una evaluación retrospectiva de estrés en cabras Angora. Revista Argentina de Producción Animal. 2022; 42 (1): 61-73.
19. Agradi S, Munga A, Barbato O, Palme R, Tarhan D, Bilgiç B, Dokuzeylül B, Ercan AM, Or ME, Breccchia G, Curone G, Draghi S, Vigo D, Marongiu ML, González-Cabrera M, Menchetti L. Goat hair as a bioindicator of environmental contaminants and adrenal activation during vertical transhumance. Front Vet Sci. 2023; 9 (10):1274081. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1274081>
20. Nixon AJ, Gurnseyb MP, Betteridgec K, Mitchellc RJ, Welchc RAS. Seasonal hair follicle activity and fibre growth in some New Zealand Cashmere-bearing goats (*Capra hircus*). Zoological Society of London. 2009; 224 (4):589-98. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1991.tb03787.x>
21. Castillo, M, Gómez, MB, Cerutti DA, Palermo PV, Castillo MF, Prieto A, Hick MVH, Frank EN. Estudio del ciclo biológico de la fibra de cabras criollas portadoras de cachemira autóctonas de Patagonia Norte, Argentina. Ciencias Veterinarias. 2023; 25 (2):150-159. Disponible en <https://doi.org/10.19137/cienvet202325204>
22. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Bienestar Animal. 2020. Disponible en <https://www.oie.int/es/bienestar-animal/el-bienestar-animal-de-un-vistazo/> (consultado: Sep. 15-2020).

Conflictos de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de interés respecto de la publicación del presente trabajo.

Creditos: Todos los autores contribuyeron a la concepción y el diseño del estudio. La preparación del material, la recopilación y el análisis de datos fueron realizados por los mismos. El primer borrador del manuscrito fue escrito por Melina Castillo, todos los autores comentaron las versiones anteriores del manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final. Supervisión: Eduardo Narciso Frank

Agradecimientos: A los integrantes del Establecimiento Don Bartolomé 2do de Rancul, La Pampa como miembros del estudio, con el aporte de sus animales, instalaciones y predisposición.

Al Laboratorio de Análisis de Fibras Textiles Animales (LAFTA) del Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Sustentabilidad (IRNASUS) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba (UCC), y a la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires.