

Obtención de cachemira por administración de extracto natural con mimosina y malla de contención como método de cosecha

Obtaining cashmere by administration of natural extract with mimosine and containment mesh as a harvesting method

CASTILLO, M¹; GÓMEZ, MB¹; CERUTTI, DA¹; PALERMO, PV¹; CASTILLO, MF²; ARDOINO, SM¹; PRIETO, A²; HICK, MVH²; FRANK, EN²

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Pampa, calle 5 esquina 116, General Pico (6360), La Pampa. Argentina. ²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba, Avenida Armada Argentina 3555, Córdoba. Capital (X0001YG), Córdoba. Argentina.

RESUMEN

La cachemira se obtiene por peinado que por la variación de patrones de muda entre animales requiere hasta tres repeticiones y es difícil de optimizar; por esquila debe realizarse antes de la muda primaveral y las cabras son sensibles a bajas temperaturas. Se necesita un método de cosecha sincronizada, uniforme y con bienestar animal. Para modificar la muda de cabras de cachemira, no hay técnicas fisiológicas disponibles, salvo antecedentes de uso de mimosina, aunque debe aplicarse según la estacionalidad folicular de la piel, con medios convenientes. El objetivo fue analizar el método de administración de extracto de *Leucaena leucocephala* con mimosina y una malla de cobertura para la obtención de cachemira. Cabras criollas, adultas, a los 35° LS, en sistema semi-extensivo, La Pampa, Argentina, se trataron con extracto en monodosis de 500 mg de mimosina/Kg de peso vivo, oral y una malla de contención. De esta forma, la mimosina tiene efecto no mayor a 24 horas, provocando el desprendimiento total de la fibra fina, sin afectar mayormente la gruesa; sin efectos tóxicos detectables clínicamente. La malla es fundamental para la viabilidad del método, la fibra obtenida tiene aptitud textil y comportamiento al descordado superador ante otros métodos de obtención.

Palabras clave: (caprinos), (fibra animal), (muda), (*Leucaena leucocephala*), (textil)

ABSTRACT

Cashmere is obtained through combing, which, due to the variation in shedding patterns among animals, requires up to three repetitions and is difficult to optimize. Shearing must be done before the spring molt, and the goats are sensitive to low temperatures. A method of synchronized, uniform harvesting with animal welfare is needed. To modify the molting of cashmere goats, there are no available physiological techniques, except for the use of mimosine, which must be applied according to the seasonal follicular cycle of the skin, with appropriate means. The objective was to analyze the method of administering *Leucaena leucocephala* extract with mimosine and a covering mesh for cashmere production. Creole adult goats at 35° S, in a semi-extensive system in La Pampa, Argentina, were treated with a single dose of 500 mg of mimosine/kg of live weight, orally, and with a containment mesh. In this way, mimosine has an effect lasting no more than 24 hours, causing total shedding of fine fiber without significantly affecting the coarse fiber; no clinically detectable toxic effects were observed. The mesh is fundamental for the viability of the method, and the obtained fiber has textile suitability and superior discard behavior compared to other harvesting methods.

Keywords: (goats), (animal fiber), (molting), (*Leucaena leucocephala*), (textile)

INTRODUCCIÓN

En las cabras productoras de cachemira el patrón de crecimiento de la fibra en los folículos pilosos individuales se puede dividir en la fase anágena (crecimiento de la fibra activa), la catágena (regresión del folículo) y la telógena (fase de reposo con la fibra anteriormente en crecimiento anclada en el folículo)⁸. El patrón estacional de producción comienza alrededor del solsticio de verano, finalizando cerca del solsticio de invierno⁴. El proceso de muda posee características secuenciales, para la fibra fina se inicia cuando los folículos pilosos secundarios se encuentran inactivos, con un patrón simétrico e intervalos entre regiones corporales^{1, 2, 6}. Además, naturalmente se presenta una falta de sincronización entre los distintos animales. La cachemira se desprende a nivel poblacional a lo largo de los meses y el score correspondiente va ascendiendo significativamente al peinado en el periodo de junio-septiembre, con pico en agosto y diversos patrones⁶.

La cachemira tradicionalmente, se obtiene con el peinado después de la muda en primavera, este método es controvertido respecto del bienestar animal por parte de las asociaciones internacionales, en cuestión de la incomodidad, el dolor y estrés de los animales, entre otros. Por la variación de los patrones

de muda entre los animales se hace difícil la elección de un momento óptimo para aplicarlo, y se requieren hasta tres repeticiones²⁶. La cosecha realizada por esquila³, debido a que las cabras presentan alta sensibilidad a las bajas temperaturas, genera un riesgo potencial de mortandad, ya que para resguardar el rendimiento debe realizarse antes de la muda. En Australia se obtiene mediante este método en pleno invierno⁵, así como en la Patagonia Norte Argentina, que se implementa cuando se presentan temperaturas de riesgo²¹.

La fibra de cachemira tiene escasa producción por animal (100 a 200 g) y un alto valor comercial, que es optimizado aumentando los rendimientos, la longitud, disminuyendo su diámetro y/o obteniendo una mínima contaminación con las fibras primarias (objetables) y materiales no deseados^{10, 19}. El desarrollo de una tecnología local de descordado¹² para separar las fibras finas de las gruesas, generó interés en la industria textil nacional para la utilización de estas fibras. Con la esquila se obtiene menor cantidad de fibra, por bajo rendimiento al descordado (20-30 %) y se observan vellones apelmazados o fieltros, con la fibra peinada esto no sucede, tiene una mejor presentación y un rendimiento al descordado

más alto (55-75 %) ¹¹. Se deduce la necesidad de un método que permita una cosecha sincronizada, uniforme y contemple el bienestar animal ²². Con la excepción de los implantes de melatonina para modificar la muda de las cabras de cachemira, no hay técnicas con bases fisiológicas actualmente disponibles para esto, salvo los antecedentes de uso de mimosina ^{15, 17, 23, 24}.

La mimosina es un aminoácido no proteico [α -amino-ácido propiónico [β -[N-(3-hidroxi-4-oxypiridil)], descubierto en el género *Mimosa spp.* que se encuentra en el arbusto forrajero tropical *Leucaena leucocephala* ²⁹. El consumo del mismo detiene el crecimiento de la lana en ovinos y permite la extracción manual del vellón, aunque es tóxico a niveles altos ¹⁵. Cuando los animales no adaptados se alimentan con este arbusto por encima del 30 % de materia seca (MS) en su dieta, puede inducir cuadros de toxicidad ³¹. La mimosina, tiene actividad antimitótica general que bloquea el ciclo celular entre sus fases G1/S ^{16, 17}. Bloquea el ensamblaje de la horquilla de replicación de ADN, evitando daño en este, de manera reversible, y los efectos son dosis dependientes ^{13, 27, 28, 30}. Puede actuar como análogo de tirosina, y, a su vez, provoca la caída del cabello ⁹.

La determinación del momento óptimo de cosecha de la cachemira ⁶ y el uso de una sustancia depilante natural como la mimosina, permiten obtener fibra de óptima calidad textil, sin producir efectos tóxicos, aplicables en los sistemas extensivos, resguardando el bienestar animal. El objetivo del estudio fue analizar el método de administración de extracto de *Leucaena leucocephala* con mimosina y un dispositivo de cobertura (malla) para la obtención de cachemira en cabras adultas de la Patagonia Norte.

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 a los 35° LS, en la localidad de Rancul, provincia de La Pampa, estrictamente acorde con las exigencias de bienestar animal, sus cinco libertades según la OIE y siguiendo el principio de reducción y refinamiento.

Animales

Se utilizaron caprinos hembra del biotipo criollo con producción de fibra y en edad reproductiva, tres fueron testigos y seis tratadas con mimosina.

Elaboración de Extracto de *Leucaena leucocephala* con contenido de mimosina

Las semillas secas de *Leucaena leucocephala* en porciones de 1000 g fueron molidas con un molinillo (Oster, Modelo: 6805-354, Argentina).

Del material vegetal se realizó una extracción con una solución de Ácido clorhídrico (HCl) (36,5-38 %) 0,1 N (3,646 g de HCl en 1000 ml se solución con H₂O destilada) ³². A la molienda de semillas se le agregó HCl y se mezcló (hasta observar 1 cm de sobrenadante), se dejó reposar 24 horas y luego se extrajo el sobrenadante y el líquido derivado de la compresión con prensa manual; a las semillas se les volvió a agregar HCl, se repitió el procedimiento anterior a las 48 horas, y se realizó la última extracción a las 72 horas.

El líquido obtenido, fue medido en volumen (ml) y peso (g), filtrado con un tamiz de 500 μ m, pesado de nueva cuenta y llevado a rotavapor a 70 °C y 80 r.p.m. durante 21 horas, para evaporar los líquidos incorporados y obtener el Extracto de *Leucaena leucocephala* (EL) ³², con 10,3 % de rendimiento respecto del filtrado inicial.

Para confirmar la concentración de mimosina obtenida en el extracto, se utilizó cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC-UV) ³¹, en el laboratorio del Centro de Química Aplicada (CEQUIMAP).

Elaboración de una presentación del extracto para la administración oral

El extracto de *Leucaena leucocephala* con 5,4 % y 3,09 % de mimosina de la primer y segunda partida de semillas respectivamente, se homogeneizó con 25 % de su peso final de pectina cítrica (Top Class, Lote 18/4, Argentina). Se colocó en un molde cilíndrico de 1,8 cm de diámetro y se obtuvieron cartuchos de 5,5 cm de largo con envoltura de tres vueltas de papel madera (0,8 g), para confeccionar bolos adecuados para administrar con una cánula esofágica equipada con un émbolo similar a los utilizados para la aplicación de antiparasitarios en bolo.

Dispositivos de cobertura (malla)

Luego de tomar medidas y hacer pruebas sobre las cabras, se confeccionaron las mallas con una membrana de plástico reticulada (utilizada para bolsas de cebollas) y costuras con doblez simple e

hilo bolsero, con máquina de coser bolsas (SIRUBA Portable, Modelo AA-6). Diseñadas para ser colocadas con precintos plásticos hacia ventral del animal.

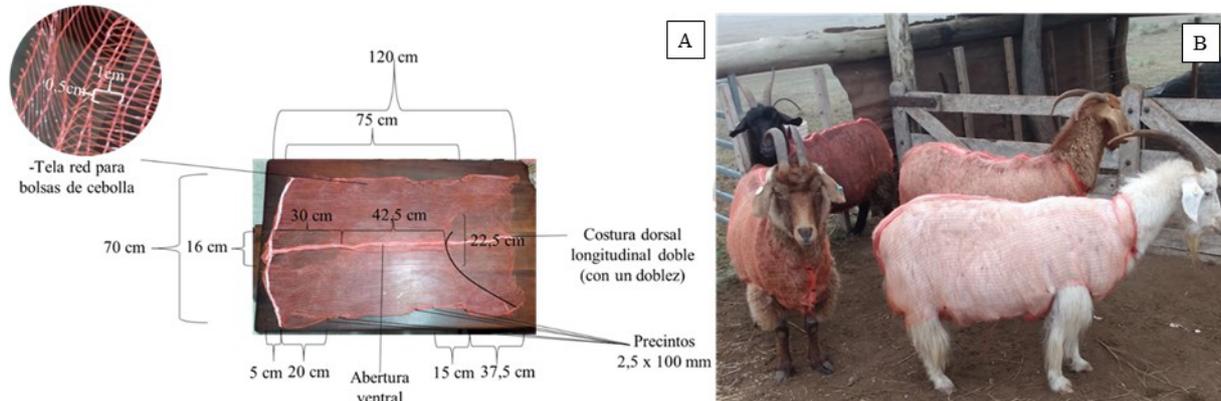


Figura 1. Malla de contención de fibra. Modelo (A). Colocadas en las cabras (B).

Administración de bolos con mimosina y colocación de la malla de contención

La cantidad de cabras a tratar estuvo en relación a la cantidad de extracto obtenido entre 2022 y 2023, primero con 4 kg y luego con 11 Kg de semillas de *Leucaena leucocephala*. En el estudio se utilizaron cabras adultas, seis cabras para el tratamiento con mimosina y tres como testigos, sin tratamiento. Previamente se les tomó una muestra de fibra en el flanco por tricotomía y se determinó a ambos grupos de animales el estado del ciclo folicular de la piel en las regiones corporales seleccionadas del cuello, la espalda, el flanco y la pierna, utilizando la prueba de Dicks (muda)²⁰ que consiste en una maniobra manual de sostén de una mecha de pelo y un movimiento de tracción no forzado, suave, para determinar si hay desprendimiento de fibra. Esta acción permite evaluar el proceso de muda de las cabras y la calidad de la fibra obtenida. Se complementó con scores de muda¹⁸, = 1, 2, 3, 4 y 5; donde 1 equivale a ausencia de desprendimiento y 5 a desprendimiento total de la fibra down (fina), correspondiendo los valores intermedios a diferentes rangos de fibra desprendida; se procuró que en todos los sitios muestreados sea 1.

Para la dosificación de mimosina a los animales, en el mes de mayo (folículos pilosos en fase anágena)⁶, fueron colocados en corrales la noche anterior. Se registraron los datos de estos, se tomó el peso vivo con balanza electrónica (Balcoppan Challenger sc 103), el de las cabras testigos y para tratamiento fue $47,145 \pm 5,833$ Kg.

Se trabajó sobre las bases bibliográficas^{15, 24}, cada cabra recibió una monodosis de 500 mg de mimosina/Kg peso vivo, que se administró en los bolos elaborados para tal fin, en forma oral, lubricados con vaselina líquida, con un aplicador esofágico, repartidos equitativamente por hora, en tres tomas consecutivas.

A las cabras tratadas y testigos se les colocó una malla red a modo de contención para evitar la caída de la fibra, protegerlas del frío y luego posibilitar la recuperación de la fibra. Se observó por un par de horas su estado general y luego se retornaron a sus condiciones semi-extensivas.

Revisión y seguimiento de los animales

Las cabras testigos y tratadas, se revisaron a las 12, 36 horas y 3, 4, 5, 6, 7, 15, 22, 34, 44, 64, 84, 105 y 120 días de la administración

de mimosina. Se les realizó la exploración clínica y la prueba de Dicks (desprendimiento de fibra) complementada con el establecimiento de los scores de desprendimiento de fibra, en el cuello, la espalda, el flanco y la pierna. El día 0 y 7 se tomaron muestras de sangre (Figura 2). Las cabras luego, fueron examinadas clínicamente cada 30 días.

Cuando la Prueba de Dicks fue positiva y/o hubo cambio de score se tomaron las fibras desprendidas como muestras, que fueron acondicionadas en papel tissue y una vez en este en bolsas de nylon rotuladas con la identificación del animal, la región anatómica de muestreo y la fecha, para su envío al laboratorio.

Se tomaron biopsias de piel en la región del flanco a las cabras tratadas al octavo día de la administración de mimosina, por única vez, para observar el estado de sus folículos pilosos y cotejarlos con los de las muestras de cabras del ható tomadas en el mismo periodo.

El día 44 de iniciado el estudio se retiraron las mallas de contención y los vellones, que fueron acondicionados en bolsas de nylon negras. Luego, las cabras se examinaron una vez por mes, para observar su estado general hasta diciembre.

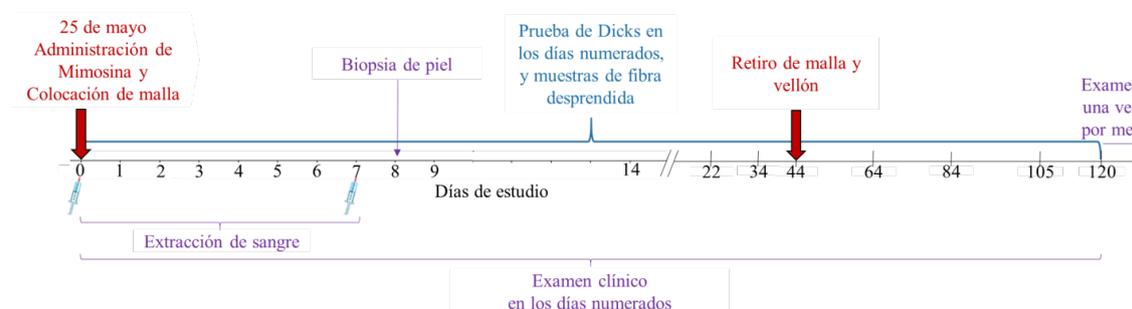


Figura 2. Revisión y seguimiento de los animales

Examen clínico

La exploración clínica que se realizó consistió en:

Examen general: Inspección en general: Evaluación del estado general y Evaluación de la psiquis.

Signos vitales.

Examen en particular: Piel y faneras, fibra. Exploración de la glándula tiroideas.

Los Exámenes complementarios fueron:

Análisis clínicos: Hepatograma, Urea y creatinina, Ionograma plasmático: Sodio, Potasio; Calcemia y Fosfatemia, Serología para triyodotironina total y tiroxina total.

Análisis de la fibra y la piel en el laboratorio

Se observó microscópicamente la fibra sobre portaobjetos en glicerina²⁰. Se midieron los parámetros de calidad: densidad (proporción de fibras finas/fibras gruesas u objetables), largo de fibra (cm) manualmente con regla graduada,

y diámetro medio (μm) con un microproyector lanámetro a 500x, normativa ITWO 80-3 adaptada al establecer un número mínimo de observaciones o conteos para alcanzar un error deseado de 5 %.

Se realizaron cortes histológicos de piel por inclusión en parafina y se realizaron tinciones con Tricómico de Masson, para verificar la morfología de los folículos pilosos, sus vainas interna y externa, y el estado de las células.

Sobre la base de un modelo^{7, 2}, se cotejaron los componentes de los folículos pilosos presentes (papila dérmica y vainas radiculares) con las características morfológicas de la fibra (individual) obtenida (desde la base hacia arriba) para estimar el tiempo de crecimiento de dicha fibra y en consecuencia del efecto de la mimosina.

Los vellones obtenidos por el tratamiento con mimosina, se muestrearon cada uno en cada región topográfica y se procesaron en la descordadora del Laboratorio de Análisis de Fibras Animales (LAFTA) del Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Sustentabilidad (IRNASUS).

Se realizaron las pasadas suficientes hasta lograr < 2 % de fibras objetables^{11,21}.

Análisis estadísticos para la obtención de resultados

Para determinar el efecto del tratamiento con mimosina, respecto al desprendimiento de la fibra se utilizó la variable respuesta Score de desprendimiento de Fibra fina, para la que se realizó la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado) y se determinó que no tiene distribución normal (no paramétrica). Debido a la fuente de variación y la inclusión en consideración del efecto aleatorio, para comparar animales con y sin tratamiento con mimosina, se realizó Análisis de varianza a modelos mixtos con comparación de medias de conglomerados (DGC), con la variable dependiente Score de desprendimiento de Fibra fina, los efectos fijos tratamiento (testigo-tratada), día de estudio, región corporal del animal (cuello, espalda, flanco y pierna) y mes del año; y el efecto aleatorio animal (individuo). Luego se realizó un gráfico de puntos utilizando las medias y el error estándar.

Respecto al estudio observacional de tratamiento con mimosina, para evaluar las variables serológicas se realizó Análisis de varianza a modelos mixtos con comparación de medias de conglomerados (DGC), en el cual se incorporaron las variables dependientes GOT (UI/l), GPT (UI/l), FA (UI/l), Bilirrubina Total (mg %), Bilirrubina directa (mg %), Bilirrubina indirecta (mg %), Urea (mg %), Creatinina (mg %), Sodio (mEq/l), Potasio (mEq/l), Cloro (mEq/l), Calcemia (mg %), Fosfatemia (mg %), Triiodotironina (ug/dl), Tiroxina total (ng/dl) y Hemoglobina (g/dl); efectos fijos día de estudio, utilidad (testigo-tratada), edad (dientes) y peso vivo (Kg); y efecto aleatorio animal (individuo).

Para determinar la calidad al descordado de la fibra obtenida por el tratamiento con mimosina y recolectada en diferido debajo de la malla de contención se utilizaron las variables Diámetro medio de fibra fina (DMFF, μm), Diámetro medio de fibra gruesa (DMFG, μm), Largo de fibra fina (LFF, cm), Largo de fibra gruesa (LFG, cm), que a la Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) resultan no paramétricas,

y para comparar dichas variables respecto de la cantidad de pasadas por la máquina descordadora se realizó Análisis de varianza con comparación de medias de conglomerados (DGC). Se calculó la Eficiencia al descordado (%) de cada pasada por la máquina, primero restando al Porcentaje de fibra gruesa (FG) de entrada, el RFG de salida, que resulta en el FG de salida, que luego para obtener el valor final, se le resta al 100 %.

En todos los casos se utilizó una confianza del 95 % y el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2018) y su conexión con el software R (Core Team, 2015).

RESULTADOS

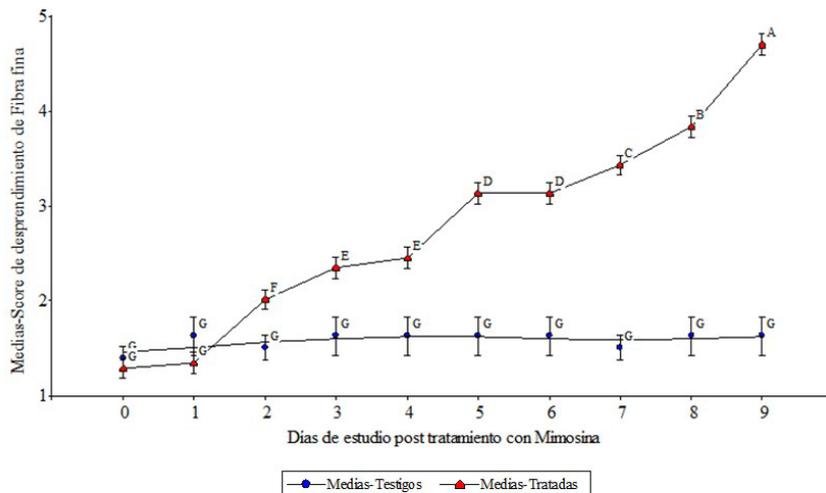
Estudio observacional a campo. Efecto de la mimosina sobre la fibra fina (cachemira)

En la exploración clínica todas las cabras resultaron compatibles con un estado saludable, al igual que cuando fueron revisadas los días siguientes del tratamiento.

El día de inicio del estudio, las cabras presentaron score 1 (sin desprendimiento de fibra fina) en todos los sitios muestreados. Al segundo día de comenzado el estudio, las cabras tratadas, en todas las regiones corporales seleccionadas, presentaron score 2 (desprendimiento de fibra fina). Al noveno día, en todas las cabras tratadas se observó score de 5 (desprendimiento total de la fibra fina), sin diferencias significativas entre sus regiones corporales testeadas ($p > 0,05$) (Figura 3).

A los 44 días del estudio, se retiraron las mallas de contención y los vellones pesaron $243,33 \pm 17,56$ g, constituidos en mayor proporción por fibra fina, dado que para la fibra gruesa se observó una media de 22,85 % y un error estándar de 2,87 %, dado que el resto permaneció sobre la piel del animal sin desprendimiento (Figura 4).

Los efectos del tratamiento (testigo-tratada) y el día de estudio resultaron significativos ($p < 0,0001$) lo que no ocurrió con la región corporal del animal ($p < 0,05$), por lo tanto, las cabras tratadas presentaron desprendimiento de fibra fina sin diferencias significativas entre sus regiones corporales testeadas.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Medida de dispersión: error estándar.
Figura 3. Score de desprendimiento de Fibra fina durante los días de estudio



Figura 4. Recolección manual del vellón a los 44 días de iniciado el estudio

Análisis de laboratorio. Características de la fibra desprendida e histología de los folículos pilosos

Una proporción de la fibra fina obtenida de cabras tratadas con mimosina (25,74 %), se observa afinada en la base, en un largo que va entre 350-400 μm , luego la fibra se observa totalmente normal (se midió el extremo afinado y en tres partes la fibra normal). Esta longitud afinada desde la base corresponde a

un crecimiento de 24 horas aproximadamente, por lo tanto, a un efecto de la mimosina de ese mismo tiempo (de corto plazo).

De las biopsias de piel del octavo día de comenzado el estudio, cuando todas las cabras tratadas tenían score de desprendimiento de fibra fina ≥ 4 , se observaron cortes de piel, con folículos pilosos, cuyas estructuras se distinguen de acuerdo a la altura de la longitud del folículo en la que se produjo el corte

transversal y el ángulo de corte de este. Se distingue fibra dentro algún folículo, que puede ser residual o producto de un nuevo crecimiento de la misma. La morfología celular se observa sin alteraciones, lo cual se traslada a nivel tisular, y respecto de la estructura de los folículos pilosos están presentes la papila dérmica y las vainas radicales interna y externa, como se observó en muestras de cabras del hato sin tratamiento pertenecientes al mismo periodo del año.

Nuevo crecimiento de fibra fina detectable *in situ*

Pasadas las cuatro semanas de comenzado el estudio (se revisaron las cabras al día 34 de que la mimosina hiciera su efecto depilatorio), en el 33,33 % de las cabras tratadas, se comenzó a observar fibra fina emergente (crecimiento nuevo), cuando la misma tenía ≥ 3 mm de largo aproximadamente. A las seis semanas (revisión a los 44 días), conformaban el 66,66 % de las

cabras en las que se observó dicha fibra, con una longitud de entre 4 y 10 mm de largo. A las ocho semanas ya todas las cabras tratadas estaban con fibra fina detectable a la observación (longitud de entre 25 y 35 mm).

Evaluación clínica de las cabras

Todas las cabras (testigos y tratadas) en el examen clínico resultaron compatibles con un estado saludable. Luego de retirar la malla y el vellón, cuando quedaron descubiertas, presentaron temblores musculares a la sujeción, pero a los pocos minutos de liberadas estos desaparecieron.

Los análisis clínicos resultaron dentro de los parámetros normales para la especie, entre los muestreos del día cero y el séptimo del estudio. Los que presentaron variaciones, en todos los casos no fueron alarmantes y tampoco adjudicables al tratamiento (excepto los valores medios de GOT para esto último) (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis serológicos a modelos mixtos

Análisis serológico	Modelo lineal mixto: Sig. Prueba de hipótesis secuencial	Medidas ajustadas y Errores estándares (DGC)
GOT (UI/l)	ns.	utilidad, edad
GPT (UI/l)	edad	día (es > el día 0)
FA (UI/l)	ns.	día (es > el día 0)
Bilirrubina Total (mg %)	edad	día, utilidad (test. > que tto)
Bilirrubina directa (mg %)	ns.	ns
Bilirrubina indirecta (mg %)	ns.	día, utilidad (test. > que tto)
Urea (mg %)	utilidad (test. > tto)	ns.
Creatinina (mg %)	ns.	
Sodio (mEq/l)	día (es > el día 7)	
Potasio (mEq/l)	ns.	
Cloro (mEq/l)	ns.	
Calcemia (mg %)	ns.	
Fosfatemia (mg %)	ns.	
Triiodotironina (ug/dl)	ns.	
Tiroxina total (ng/ dl)	día (> día 7), peso vivo	
Hemoglobina (g/ dl)	ns.	

Sig.: significativo, ns.: no significativo, Día: día de estudio, Utilidad: testigo (test.) o tratamiento (tto). (p < 0,05).

Análisis de la calidad de fibra: Comportamiento de la fibra obtenida al descerdado

La fibra extraída de debajo de las mallas no mostró ningún grado de apelmazamiento, ni diferencias significativas entre regiones topográficas (espalda, flanco y pierna) para porcentaje de fibra gruesa (FG, %) con una media de 22,85 % y un error estándar de 2,87 %, diámetro medio de fibra fina (DDMF) y largo de fibra fina (LFF) ($p > 0,05$) y eficiencia al descerdado.

El nivel debajo del 2 % en FG se obtuvo en la segunda pasada (0,77 %), misma pasada en que la fibra en su longitud presenta bajo nivel de rotura y la eficiencia al descerdado obtenida es 97,6 %.

Nueva muda natural

A partir de noviembre del mismo año, seis meses después del inicio del estudio, las cabras tratadas con mimosina, con fibra producto del nuevo crecimiento, comenzaron a mostrar indicios de muda natural.

DISCUSIÓN

En Australia, cabras que consumían un total de 5,4 g de mimosina/10 kg de peso vivo de *Leucaena* seca no peletizada, durante tres días, a principios de mayo, mudaron cuatro días después¹⁵. El down fue fácil de peinar y la contaminación de pelo de guarda fue 25 % (en peso)¹⁵. La muda no fue inducida en los experimentos posteriores en junio, julio y agosto¹⁵. Esto refleja que solo modifica el ciclo activo del folículo piloso (fase anágena), actúa deteniendo la división celular en el bulbo del folículo durante esta fase¹⁴ y en su reinicio se inicia la muda inducida¹⁵. A diferencia de otros trabajos¹⁵, en este si bien la administración de la mimosina también fue oral, el extracto vegetal que la contenía fue suministrado en un mismo día, con conocimiento de la dosis que recibió cada animal. Sin embargo, en coincidencia con dicho autor, se utilizó el mes de mayo para el estudio y el desprendimiento de la fibra fina fue observado paulatinamente durante la primera semana, y completo al noveno día.

Aunque en un estudio realizado por Luo *et al.*¹⁸, la mimosina se administró a capones caprinos (tipo criollos) por vía intravenosa (120 mg/kg/día) lo cual influye en la factibilidad del método a

nivel productivo, se coincide con el mismo en este trabajo en que al séptimo día se observó muda en los animales tratados y no en los testigos, aunque se diferencia de dichos autores en que la muda no se extendió hasta los diez días como citan.

En coincidencia con otros autores^{18, 23}, en este trabajo, la mimosina indujo la muda de la cachemira, pero tuvo un efecto menor sobre los pelos de guarda, lo que sugiere su posible uso futuro para retirar la fibra fina.

En comparación con otros autores¹⁸ que observaron que la mimosina bloqueó el nuevo crecimiento detectable de fibra hasta la cuarta y séptima semana después de la infusión, se observó un comportamiento muy similar, siendo que el nuevo crecimiento de la fibra fina se detectó entre la cuarta y la octava semana luego de la administración de la mimosina.

Trabajos previos resultaron diferentes a este, respecto del desprendimiento de la fibra²³, dosificaron con la mimosina diluida en agua, en forma oral a machos Angora (400-600 mg/kg de mimosina), esto no indujo el desprendimiento de fibra en siete días y en 31 días aún había fibra retenida por folículos pilosos no mudados. Aunque, se coincide en que tampoco se pudo quitar por arrancado manual las fibras gruesas de los folículos pilosos primarios y en qué no hubo efectos tóxicos de la administración detectables clínicamente.

En coincidencia con lo que afirma Ryder²³ de que se necesitan investigaciones para aplicar la mimosina sobre la base de la estacionalidad de la actividad folicular, en este trabajo se consideró el ciclo folicular de la piel de las cabras⁶ para que estas estuviesen en fase anágena (sin desprendimiento significativo de la fibra) en las diferentes regiones corporales (cuello, espalda, flanco y pierna). También se coincide con otros trabajos²³ que indican la necesidad de desarrollar medios convenientes de suministro de la mimosina y que la dosificación oral tiene obvias ventajas prácticas para usar a nivel extensivo en hatos numerosos.

Según las referencias, las sustancias llegan al folículo piloso a través de la circulación sanguínea de la papila, donde son captadas por las células del bulbo (y se distribuyen por difusión entre las mismas)²⁵. Sobre la base del modelo ovino⁷, las células de la fibra en su recorrido migratorio en ascendencia por el folículo piloso, atraviesan la zona del bulbo en 24 horas; para pasar a una segunda zona que mide entre 200

y 400 μm de longitud, pudiendo estimarse una migración longitudinal por esta de 300 μm promedio en 48 horas. Estas mismas células luego se queratinizan atravesando una tercera zona que mide entre 200 y 640 μm , en 26 horas promedio. Entonces, considerando que en este trabajo hay fibras desprendidas por el efecto de la mimosina que presentan afinamiento desde la base de una longitud de 300-400 μm , se permite pensar que dicho efecto en estos folículos pilosos no fue completo respecto de la masa de células, y posibilitó la progresión del crecimiento, que, aunque defectuoso se correspondería con aproximadamente 24 horas, por lo tanto, también a un efecto de la mimosina de ese corto plazo.

Considerando el crecimiento alterado de una proporción de la fibra obtenida por el tratamiento que dataría de un efecto de la mimosina de 24 horas aproximadamente y dado también que no se muestra una reducción significativa de las hormonas tiroideas a los siete días del tratamiento, se sustenta la idea de que el efecto de la mimosina tiene una duración de corto plazo.

Adaptando el modelo ovino⁷ al caprino, la fibra en su estado definitivo (queratinizada), para obtener una longitud de 3000 μm desde la base de la piel que permita detectarla a la observación, necesita entre 4,68 y 15,3 días. Sin embargo, si se adaptan estas referencias de crecimiento diario⁶ de la fibra al tiempo de detección del nuevo crecimiento, se puede pensar que, una vez que cesa el efecto de la mimosina los folículos pilosos tardan al menos una semana en retomar su actividad de producción de fibra, ya que tal como en otros trabajos¹⁸ el crecimiento de nueva fibra se detectó macroscópicamente a partir de la cuarta semana. Aunque, en la biopsia de piel al octavo día post tratamiento no se observan daños celulares morfológicos, de hecho, se presentan la papila dérmica, las vainas radiculares del folículo piloso (a diferencia de la muda natural respecto a la vaina radicular interna) y hasta fibra en alguno de estos, que, si bien puede tener origen residual, también podría ser producto del nuevo crecimiento.

Como no hay disponibilidad de antecedentes bibliográficos respecto de la malla de contención, se elaboró un modelo de la misma, dado que es fundamental para retener la fibra fina sobre el animal, porque post-tratamiento con mimosina, esta se desprende por completo al noveno día y el nuevo crecimiento presentó una longitud

detectable macroscópicamente a partir de la cuarta semana. Es requerido un tejido abierto, para mantener las características de calidad de la fibra y que sean aceptables para su utilización. Las mallas de membrana de plástico reticulada resultaron viables, sin embargo, en el modelo son necesarias mejoras, como el corte que corresponde al cuello, para que no se desplace hacia abajo y el de la parte posterior del animal para despejar más la zona de la cola. También en pro de la durabilidad necesaria, son requeridos refuerzos en la región medio-ventral, para impedir enganches y desgarros.

Se ha reportado que la mimosina y su producto de degradación 3,4-DHP, ambos pueden ser tóxicos en la ingesta de rumiantes y no rumiantes y que han sido responsables de síntomas de toxicidad en algunas especies de animales domésticos; que provocan alopecia, anorexia, pérdida de peso, salivación profunda, lesiones a través del esófago, papilas necróticas en el rumen y el retículo, hiperplasia de la glándula tiroidea y bajos niveles de hormona tiroxina circulante³¹. Cuando los animales no adaptados con *Leucaena leucocephala* se alimentan por encima del 30 % de materia seca (MS) en la dieta, se puede inducir cuadros de toxicidad y causar la muerte²⁹. Sin embargo, en el presente trabajo se realizó una única administración de mimosina dosificada sobre la base de referencias bibliográficas^{15, 24}. Las cabras tratadas con 500 mg/Kg de peso vivo, al examen clínico resultaron compatibles con un estado saludable y los análisis serológicos entre los muestreos del día cero y siete, en general, resultaron dentro de los parámetros normales para la especie, no presentando variaciones alarmantes y/o adjudicables al tratamiento.

En el descordado de la fibra obtenida por el tratamiento con mimosina, recolectada debajo de la malla de contención, el nivel en porcentaje de fibra gruesa debajo del 2 % se obtuvo en la segunda pasada (0,77 %). En trabajos anteriores, con fibra esquilada, esto solo se consigue desde la cuarta pasada establecida como óptima, en adelante^{11,19,21}. Por lo tanto, la eficiencia al descordado obtenida en la segunda pasada de 97,6 % resulta llamativamente más alta que la obtenida con la fibra esquilada (20-30 %) e incluso a la obtenida con la fibra peinada sobre el animal (55-75 %)¹², esto denota la relevancia del método con mimosina propuesto, en el amplio predominio del desprendimiento de la fibra fina por sobre la fibra gruesa, sincronizado y uniforme.

CONCLUSIONES

Para la recolección de cachemira sin pérdidas significativas mediante este método de tratamiento con mimosina, que requiere la renovación del crecimiento (fase anágena) para cubrir al animal del ambiente, la intervención debería hacerse en mayo.

El extracto de semillas secas de *Leucaena leucocephala* con contenido de mimosina en única dosis oral, tiene un efecto corto (no mayor a 24 horas), que provoca el desprendimiento total de la fibra fina en las cabras productoras de cachemira, sin afectar mayormente la fibra gruesa que permanece sobre la piel (dosis dependiente, por el tamaño de las vainas radicales de los folículos pilosos). No se observan efectos tóxicos detectables clínicamente luego de la administración de mimosina. La fibra desprendida no presenta las características de la muda clásica, porque no se desprenden las vainas, ni se retira la papila como en esta.

Se sentaron las bases para futuros trabajos que consistan en la reducción del volumen del extracto para facilitar la administración.

La malla es fundamental para la viabilidad de este método de cosecha, respecto de la contención de la fibra y la protección del animal al ambiente frío, aunque son necesarios de una extensión de la cobertura en la región del cuello y refuerzos antidesgarros en la región medio-ventral.

La fibra fina obtenida por el tratamiento con mimosina y el uso de la malla de contención, recolectada en diferido para salvaguardar al animal del ambiente y favorecer el desplazamiento del vellón, demostró poseer aptitud textil y un comportamiento al descerdado superador ante otros métodos de obtención.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ansari-Renani, H.R. Seasonal follicle cycle and fiber shedding of Raeini cashmere goats. Pajou, Sazan J, Ministry of Agriculture, Iran. 2001; 14 (4): 23-25.
2. Ansari-Renani, H.R.; Ebadi, Z.; Moradi, S.; Baghershah, H.R.; Ansari-Renani, M.Y.; Ameli, S. H. Determination of hair follicle characteristics, density and activity of Iranian cashmere goat breeds. *Small Rumin. Research*. 2011; 95: 128-132.
3. Ansari-Renani, H.R.; Mueller, J.P.; Rischkowsky, B.; Seyed Momen, S.M.; Ehsani, M.; Moradi, S. Observations on the efficiency of using different cashmere combs. *Small Rumin. Research*. 2013; 114: 220-224.
4. Betteridge, K.; Devantier, B.P.; Welch, R.A.S.; Pomroy, W.E.; Lapwood, K.P. *Out of season cashmere growth in feral goats*. Proceedings of the 2nd International Cashmere Conference. Lincoln College, New Zealand, 1987: 137-144.
5. Browne, J. Cashmere Goat Notes. Aust. Cashmere Growers Ass., Sydney, 1990.
6. Castillo, M.; Gómez, M.B.; Cerutti, D.A.; Palermo, P.V.; Castillo, M.F.; Prieto, A.; Hick, M.V.H y Frank, E.N. 2023. 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.
7. Chapman, R.E.; Downes, A.M.; Wilson, P.A. Migration and Keratinization of Cells in Wool Follicles. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1980; 33: 587-603.
8. Chase, H.B. Growth of the hair. *Physiological Reviews*. 1954; 34:113-126.
9. Crouse R.J.; Maxwell J.D.; Blank H. Inhibition of growth of hair by mimosine, *Nature*. 1962; 194: 194-195.
10. Frank, E.N.; Aisen, E.G.; Hick, M.V.H., Prieto, A.; Castillo, M.F. Caracterización de la fibra de la cabra criolla del área Patagonia norte. En: Primer Congreso Argentino de Producción Caprina, La Rioja, 28 al 30 de agosto. *Estudios sobre el ambiente y el territorio*. 2013; 9: 280-284.
11. Frank, E. N.; Hick, M. V. H., Castillo, M. F. and Seghetti Frondizi, D. G. Determination of the optimal number of runs of dehairing in fibers of patagonian cashmere goats. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*. 2018; 4 (3): 188-190.
12. Frank, E.N.; Hick, M.V.H.; Prieto, A. y Castillo, M.F. Efectos del descerdado sobre la calidad de la fibra obtenida de camélidos sudamericanos y cabra criolla patagónica. En: 32º Congreso Argentino de Producción Animal (resumen). *Revista Argentina de Producción Animal*. 2009; 29 (1): 134-135.
13. Gilbert D.M.; Neilson A.; Miyazawa H.; Depamphilis M.L.; Gupta, H.K.; Altreja P.P. Influence of ferric chloride treated *Leucaena leucocephala* on metabolism of mimosine and 3-hydroxy-4 (1H)-pyridone in growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*. 1998; 4: 45-55.
14. Hegarty, M.P.; Schinkel, P.G.; Court, R.D. Reaction of sheep to the consumption of *Leucaena glauca* Benth. and to its toxic principle mimosine. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1964; 15:153-157.
15. Holst P.J. The evaluation of *Leucaena leucocephala* for of moulting in cashmere goats the induction. Production in Australia. 1982: 632.
16. Khanna K.K.; Lavin M.F. Ionizing radiation and UV induction of P53 protein by different pathways in ataxia-telangiectasia cells, *Oncogene*. 1993; 8: 3307-3312.
17. Lim, S.; Kaldis, P. Cdks, cyclins and CKIs: roles beyond cell cycle regulation. *Development*. 2013; 140 (15): 3079-3093.
18. Luo, J.; Litherland, A.J.; Sahlu, T.; Puchala, R.; Lachica, M.; Goetsch, A.L. Effects of mimosine on fiber shedding, follicle activity and fiber regrowth in Spanish goats. *Journal of Animal Science*. 2000; 78: 1551-1555.

19. McGregor: 2018. *Scouring and Dehairing Australian Cashmere*. AgriFutures Australia. 34 pp.
20. Merchant, M.; Riach, D.J. Then influence of nutrition and shearing on the timing of the moult in cashmere goats. *European Fine Fibre Network, Occassiona Pub.* 1995; 3: 51-59.
21. Müller, S.; Holmes, C.W.; Litherland, A.J. Effects of two methods of fibre removals on the cold resistance of cashmere goats. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production.* 1991; 51: 379-382.
22. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Bienestar Animal, 2025. <https://www.woah.org/es/documento/normas-de-bienestar-animal-infographia/> (consultado: Ene. 05-2025).
23. Reis, P.J.; Puchala, R; Sahl, T; Goetsch, A.L. Effects of mimosine and 2,3-dihydropyridine on fiber shedding in Angora goats. *Journal Animal Science.* 1999b; 77: 1224-1229.
24. Reis, P.J.; Puchala, R.; Sahl, T., Hart, S.P; Goetsch, A.L. Effects of mimosine on plasma amino acid concentrations in Angora goats. *Small Ruminant Research.* 1999a; 33: 55-61.
25. Ryder, M.L. The blood supply to the wool follicle. Proc. Of the Int. Wool Textile research conference, Australia. 1995; 1956. F-63.
26. Roger, L.; Waterhouse, A. Cashmere production and harvesting from first cross cashmere goats. 42nd Ann. Meet. EAAP, Berlin, Germany. 1991: 2. (mimeo.).
27. Sclafani, R.A.; Holzen, T.M. Cell cycle regulation of DNA replication. *Annu Rev Genet.* 2007; 41:237-80; PMID:17630848; <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.genet.41.110306.130308>.
28. Shoichi Kubota, Yasunori Fukumoto, Kenichi Ishibashi¹, Shuhei Soeda, Sho Kubota, Ryuzaburo Yuki, Yuji Nakayama, Kazumasa Aoyama, Noritaka Yamaguchi; Naoto Yamaguchi. Activation of the Prereplication Complex Is Blocked by Mimosine through Reactive Oxygen Species-activated AtaxiaTelangiectasia Mutated (ATM) Protein without DNA Damage. *The Journal of Biological Chemistry.* 2014; 289 (9): 5730-5746.
29. Soedarjo, M.; Borthakur, D. Mimosine, a toxin produced by the tree-legume *Leucaena* provides a nodulation competition advantage to mimosine-degrading *Rhizobium* strains. *Soil Biology and Biochemistry.* 1998; 30 (12): 1605-1613.
30. Soon-Young Park, Jun-Sub Im, Sung-Rye Park, Sang-Eun Kim, Hoe-Jeong Wang; Joon-Kyu Lee. Mimosine arrests the cell cycle prior to the onset of DNA replication by preventing the binding of human Ctf4/And-1 to chromatin via Hif-1 α activation in HeLa cells. *Cell Cycle.* 2012; 11 (4): 761-766. DOI: 10.4161/cc.11.4.19209
31. Xuan, T.D.; Elzaawely, A.A.; Deba, F; Fukuta, M.; Tawata. S. Mimosine in *Leucaena* as a potent bio-herbicide. *Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA.* 2006; 26 (2): 89-97.
32. Zul Ilham, Hanisjasymah Hamidon, Nurul Anlina Rosji, Norfadhilah Ramli; Normniza Osman. Extraction and Quantification for Toxic Compound Mimosine from *Leucaena leucocephala* Leaves. *International Symposium on Applied Chemistry.* 2015; 16: 164-170.