

# Efecto de la edad sobre la población de folículos pilosos y su relación con características de mohair en caprinos de Angora

CARRO, N.D.<sup>1</sup>; DEBENEDETTI, S.<sup>2</sup>; TADDEO, H.R.<sup>2</sup>

## Resumen

Las cabras de Angora son criadas en el norte de la Patagonia aportando a la economía de amplios sectores de la población rural. La calidad en la producción del mohair, representada en parte por el largo y diámetro de fibra, está relacionada fuertemente con la densidad y proporción de folículos pilosos activos, y es influenciada fuertemente por la edad del animal. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la edad sobre la población folicular y su relación con características de calidad de mohair. Para el estudio se seleccionaron animales de cinco grupos etarios y se tomaron muestras de piel y fibra. La densidad folicular disminuyó significativamente a partir de los 53 meses; la relación entre folículos secundarios y primarios alcanzó un valor mínimo a los 41 meses; el diámetro folicular interno se incrementó significativamente hasta los 53 meses para luego decrecer; y el porcentaje de actividad de folículos secundarios mostró un significativo decrecimiento hasta los 65 meses, mientras que los folículos primarios no presentaron diferencias. Se registraron correlaciones significativas entre características foliculares y características del vellón.

Palabras clave: (Angora), (fibra), (folículos pilosos), (Patagonia).

<sup>1</sup>Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, <sup>2</sup>INTA, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, cc 277 (8400), Río Negro, Argentina. E-mail sdebenedetti@bariloche.inta.gov.ar  
Recibido: 01/11/2010 Aceptado:18/02/2011

Age effect in hair follicle population and their relationship with mohair traits in Angora goats

## Summary

The Angora goats are bred in the north Patagonia significantly contributing to the economy of wide sectors of the rural population. Mohair quality, represented partially by staple length and mean fibre diameter, is strongly related to follicle density and proportion of active skin follicles, strongly influenced by age. The aim of this work was to determine the follicular population evolution and its relationship with mohair quality traits. Animals of five age groups were selected; and skin and fiber samples were taken. Follicle density diminished significantly from 53 months; secondary to primary follicle ratio reached a minimum value at 41 months; follicle internal diameter increased significantly until 53 months, then decreasing; percentage of active secondary follicles showed a significant decrease until 65 months, whereas no differences were recorded for primary follicles. Significant correlations between follicular characteristics and fleece characteristics were found.

Key words: (Angora), (fiber), (hair follicles), (Patagonia).

## Introducción

Argentina cuenta con 550.000 caprinos de Angora<sup>14</sup> criados en la Patagonia norte, en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, contribuyendo significativamente a la economía de pequeños productores de la región. Los hatos de base, no integrados a programas de mejoramiento, cuentan con un promedio de 150 cabezas con baja producción individual de mohair (1,2 kg/animal/año). La baja calidad del vellón y el reducido valor comercial debido a la alta proporción de fibras meduladas (10% en promedio) caracterizan la producción<sup>1</sup>.

La producción de fibra y las características del vellón están influenciadas por la edad del animal<sup>28</sup>. En cabras de Angora de la región patagónica se alcanzan valores máximos de producción (peso de vellón sucio) entre los 3 y 4 años de edad, mostrando posteriormente un decrecimiento significativo<sup>29</sup>. La calidad en la producción está determinada principalmente por el largo y diámetro de la fibra, como así también por la densidad folicular y la cantidad de folículos activos, y puede ser alterada

de manera apreciable por la variación en la proporción de folículos activos a quiescentes<sup>25</sup>.

Los folículos pilosos son los responsables de la formación del pelo y, por lo tanto, sus características tienen diferente grado de incidencia en la calidad del vellón. En cabras de Angora la piel permite el estudio cuantitativo de un amplio rango de características foliculares relacionadas a la calidad del mohair<sup>17</sup>, constituyendo una herramienta importante para inferir características del vellón.

Dreyer y Marincowitz<sup>10</sup> cuantificaron la estructura folicular de caprinos Angora mientras que Wentzel y Vosloo<sup>31</sup> estudiaron la evolución de los folículos pilosos desde la gestación hasta los 5 meses de edad. Sin embargo, en caprinos de Angora el efecto de la edad sobre las características foliculares, con posterioridad al final del desarrollo folicular, no ha sido documentado.

El objetivo del presente trabajo es determinar la evolución temporal de la población folicular en cabras de Angora del norte de la Patagonia Argentina, y su relación con características de calidad del mohair.

## Materiales y métodos

### Animales seleccionados

Se seleccionaron al azar seis animales de ambos sexos en cinco grupos etarios ( $n=30$ ) correspondientes a animales de 5 meses (1), 29 meses (2), 41 meses (3), 53 meses (4) y 65 meses (5) de edad para el estudio de características de la fibra y de los folículos pilosos.

Los animales pertenecieron al núcleo experimental de caprinos de Angora del INTA Bariloche. Las condiciones de cría fueron las revisadas por Taddeo *et al.*<sup>29</sup>

### Procedimientos de muestreo

Se tomaron muestras de mohair y de piel para lo cual cada animal seleccionado fue ubicado en decúbito lateral en posición de estación. Las muestras de fibra se obtuvieron por tricotomía de 100 cm<sup>2</sup> de piel en la zona media de la parrilla costal<sup>30</sup>, rotulándose para su análisis en el Laboratorio de Fibras Textiles de Origen Animal del INTA Bariloche.

Para obtener la biopsia de piel se empleó un sacabocados circular de 10 mm de diámetro. Previamente se realizó anestesia infiltrativa local con lidocaína al 2% (KLONAL®, Laboratorios Klonal S.A., Bernal, Prov. de Buenos Aires, Argentina). Las muestras fueron fijadas en formol bufferado al 10% por 7 días. La herida fue suturada mediante un punto en X con nylon monofilamento.

Los procedimientos de muestreo y el manejo de los animales utilizados cumplen con los principios éticos de cuidado y uso de animales para experimentación<sup>5</sup>.

### Procesamiento y análisis de las muestras

Las muestras de piel se procesaron mediante la técnica desarrollada por Carter y Clarke<sup>6</sup>, modificada por McCloghry<sup>18</sup>. Se obtuvieron secciones de piel a dos niveles de profundidad: superficial (A), a nivel medio de las glándulas sebáceas de los folículos primarios (800  $\mu\text{m}$

debajo de la superficie de la piel); y profundo (B), por debajo de las glándulas sebáceas de los folículos primarios. Las secciones en el nivel A se tiñeron con hematoxilina, eosina, y ácido pícrico<sup>17</sup> y las correspondientes al nivel B mediante el método de Sacpic<sup>4</sup> modificado<sup>17</sup>.

La histología cuantitativa folicular se realizó mediante captura y análisis informático de imágenes en el Laboratorio de Mediana Complejidad del Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, utilizando el *software* IMAGE PRO-PLUS® (Media Cybernetics Inc., Silver Spring, Maryland, Estados Unidos). En cada animal analizado se examinaron 8,56 mm<sup>2</sup> de muestra. Las determinaciones de calidad del mohair se efectuaron de acuerdo a normas IWTO 12-03<sup>12</sup> a partir del analizador de diámetro de fibra Sirolan Laserscan™ (CSIRO Livestock Industries, Canberra, Australia).

### Variables analizadas

En las secciones de piel A se determinó la densidad de folículos primarios (dP) y densidad de folículos secundarios (dS), expresadas en folículos/mm<sup>2</sup>, corregido para evitar el sesgo ocasionado por el encogimiento de la piel debido al procesamiento histológico. Se determinaron también la relación entre la población de folículos secundarios y primarios (S/P); el diámetro interno de folículos primarios (DFP,  $\mu\text{m}$ ) y diámetro interno de folículos secundarios (DFS,  $\mu\text{m}$ ), a través de la determinación del diámetro interno mínimo del lumen folicular. En las secciones de piel correspondientes a B se determinó el porcentaje de actividad de folículos primarios (AFP, %) y porcentaje de actividad de folículos secundarios (AFS, %) sobre la población folicular total, clasificando los folículos como activos (fase proanagénica-anagénica) o inactivos (fase catagénica-telogénica)<sup>22, 2, 32</sup>.

A partir de las muestras de mohair se determinó el diámetro promedio de fibra (DF,  $\mu\text{m}$ ); su desvío estándar (DEDF,  $\mu\text{m}$ ) y coeficiente de variación (CVDF, %); y el porcentaje de fibras mayores a 30 micras ( $F>30$ , %).

## Análisis estadístico

Para evaluar la influencia de la edad sobre las variables foliculares estudiadas se realizó un análisis de regresión en base al siguiente modelo de estimación polinómica:

$$y_{ij} = \sum_{k=0}^p \alpha_k (x_j - \bar{x})^k + \varepsilon_j$$

$i = 1, \dots, n; j = 5, \dots, 65; k = 1, \dots, p$

Donde:

$y_{ij}$  = observación  $i$ -ésima de la variable respuesta.

$x_j - \bar{x}$  = desvío de la  $j$ -ésima edad en meses.

$\alpha_k$  = coeficiente de regresión del  $k$ -ésimo término polinómico  $p$ .

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental.

Se estableció el modelo polinomial de mejor ajuste para cada variable<sup>9</sup> como aquel modelo significativo, de mayor coeficiente de determinación y con coeficientes polinomiales significativos. Se tomó como variable explicativa a la edad y como variables respuesta las determinaciones a nivel folicular (dP, dS, S/P, DFP, DFS, AFP y AFS).

Se analizó el grado de asociación entre variables de piel y fibra mediante una matriz completa de correlaciones.

Todos los análisis se efectuaron empleando el programa estadístico SPSS 13.0 (SPSS© Inc., 2004). Las pruebas de hipótesis se realizaron con un nivel de significación del 5%.

## Resultados

### Densidad folicular

El mejor ajuste para esta variable se obtuvo mediante una ecuación de regresión cúbica. Los modelos propuestos explicaron una gran proporción de la variabilidad total para dP (62%) y dS (72%) (Tabla 1).

Los valores de densidad disminuyeron desde los 5 meses hasta los 29 meses, manteniéndose prácticamente constantes hasta los 53 meses para luego disminuir a un valor mínimo a los 65 meses (Fig. 1).

### Relación S/P

Una ecuación de regresión cuadrática describió significativamente la dependencia de esta variable en las distintas edades, siendo sin embargo baja la proporción de la variación total explicada por el modelo propuesto (25%) (Tabla 1). La relación S/P disminuyó desde un valor máximo a los 5 meses hasta un valor mínimo a los 41 meses, para luego incrementarse hasta los 65 meses (Fig. 2).

### Diámetro folicular interno

El mejor ajuste para esta variable se obtuvo a través de una ecuación de regresión cuadrática. El modelo explicó una gran proporción de la variabilidad total del DFP (62%) y DFS (61%) (Tabla 1). Ambas variables mostraron un incremento desde un valor mínimo a los 5 meses hasta un máximo a los 53 meses para luego disminuir a los 65 meses (Fig. 3).

### Actividad folicular

La apariencia de los folículos activos y quiescentes se muestra en la figura 4.

Las variaciones en el porcentaje de AFP no pudieron ser analizadas mediante un modelo de regresión, dado el no cumplimiento del supuesto de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) aún después de aplicada la transformación angular. Las pruebas no paramétricas (Análisis de correlaciones y Diferencia de medias) no arrojaron valores significativos (Tabla 1). El porcentaje de AFS mostró una relación lineal con la edad luego de aplicada la transformación angular (tAFS), siendo baja (16%) la proporción de la variación total explicada por el modelo propuesto (Tabla 1). La tAFS disminuyó desde un valor máximo a los 5 meses hasta un valor mínimo a los 65 meses (Fig. 5).

Paralelamente se estimaron correlaciones significativas entre las características analizadas. Si bien en la Tabla 2 pueden observarse todas las correlaciones significativas detectadas se discutirán solamente las correlaciones entre caracteres de piel y del vellón

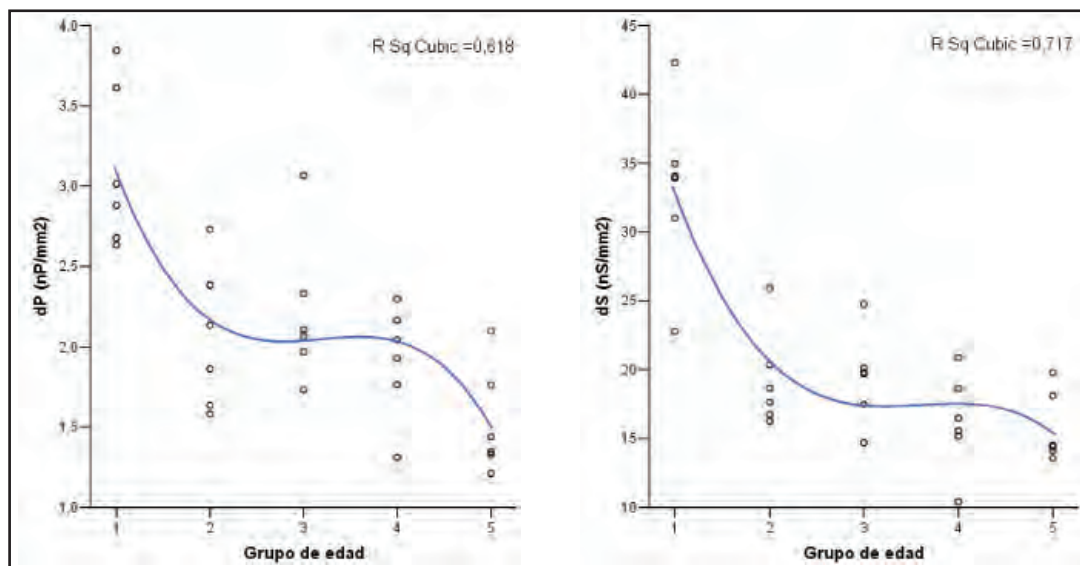
**Tabla 1.** Promedios (Desvío Estándar) y Análisis de Regresión para características foliculares en cabras de Angora pertenecientes a cinco categorías de edad.

Grupos de edad	dP (D.E.)	dS (D.E.)	S/P (D.E.)	DFP (D.E.)	DFS (D.E.)	AFP (D.E.)	AFS (D.E.)
1	3,11 (0,5)	33,16 (6,3)	10,70 (1,5)	32,25 (6,1)	26,86 (3,4)	99,04 (1,6)	98,01 (3,0)
2	2,05 (0,5)	19,28 (3,6)	9,53 (1,4)	51,57 (9,1)	40,71 (7,2)	91,12 (12,5)	98,31 (2,8)
3	2,21 (0,5)	19,43 (3,3)	8,94 (1,6)	54,35 (5,2)	42,92 (5,3)	98,36 (2,8)	98,63 (0,5)
4	1,92 (0,4)	16,19 (3,5)	8,51 (1,7)	55,52 (6,8)	44,02 (4,9)	90,02 (20,5)	97,10 (3,1)
5	1,53 (0,3)	15,75 (2,6)	10,41 (1,0)	52,51 (7,0)	40,90 (4,4)	80,09 (17,9)	94,29 (6,0)
NSO	<0,0001	<0,0001	0,021	<0,0001	<0,0001		0,030
R <sup>2</sup>	0,618	0,717	0,248	0,615	0,607		0,157

NSO, nivel de significancia observado.

R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación del modelo propuesto.

Grupos de edad 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 5, 29, 41, 53 y 65 meses respectivamente



**Figura 1.** Densidad de fólculos primarios (dP) y fólculos secundarios (dS) en los grupos de edades estudiados. Grupos de edad 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 5, 29, 41, 53 y 65 meses respectivamente

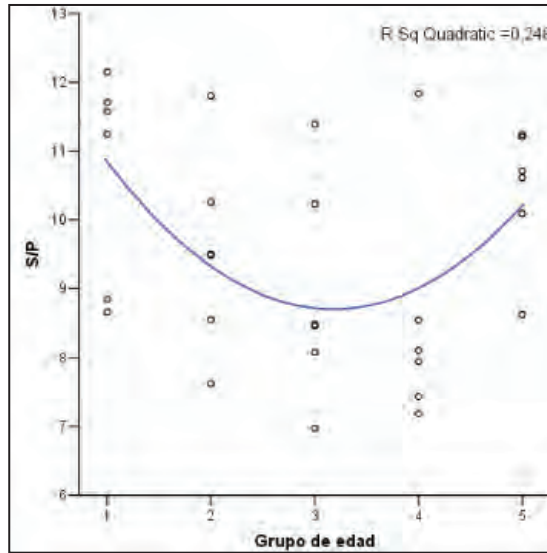


Figura 2. Relación de folículos secundarios a primarios (S/P) en los grupos de edades estudiados. Grupos de edad 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 5, 29, 41, 53 y 65 meses respectivamente

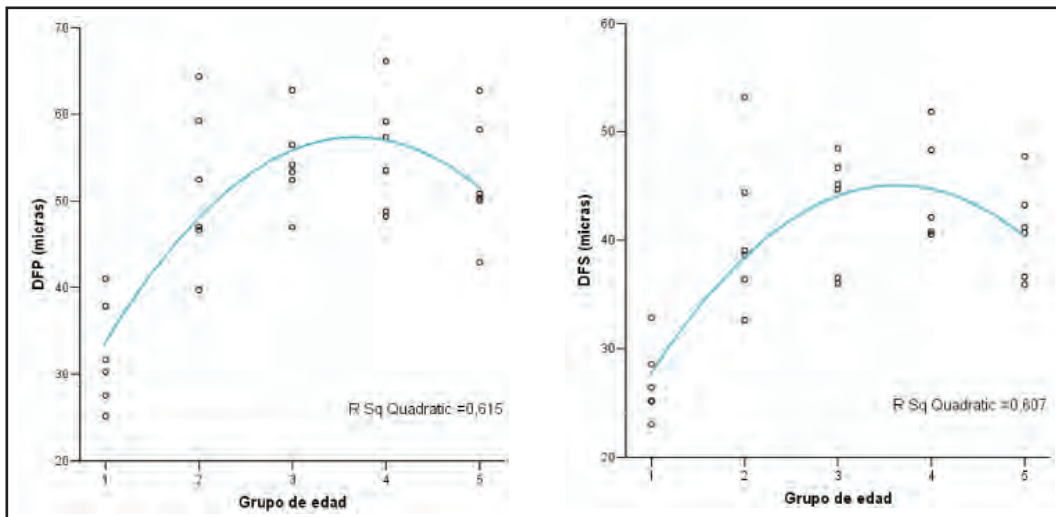


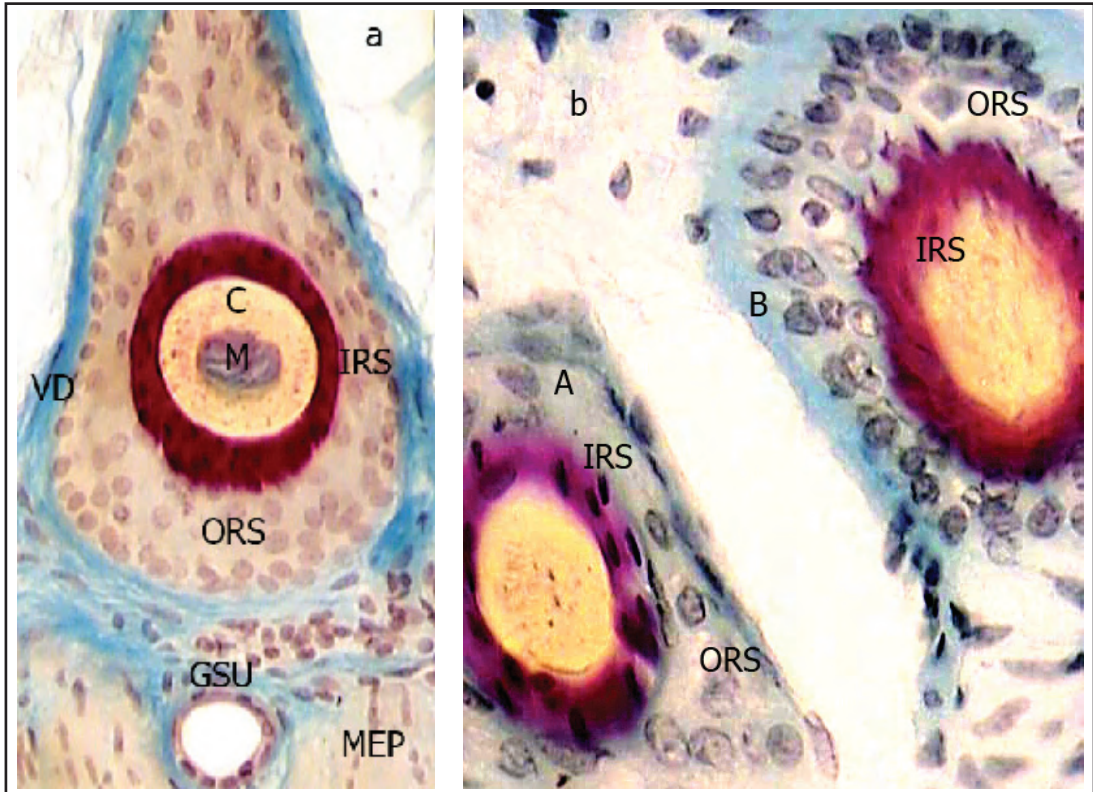
Figura 3. Diámetro interno de folículos primarios (DFP) y folículos secundarios (DFS) en los grupos de edades estudiados. Grupos de edad 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 5, 29, 41, 53 y 65 meses respectivamente.

Se observan correlaciones positivas medianas entre las variables de piel dP y dS y la variable CVDF y correlaciones negativas medianas y altas entre estas variables de piel y las variables de fibra DF, DEDF y F>30. Se registran correlaciones negativas bajas entre S/P y las variables DF y F>30. Asimismo se observan correlaciones positivas altas entre las variables de piel DFP y DFS y las variables DF y F>30 y correlaciones negativas medianas entre ambas variables de piel y CVDF.

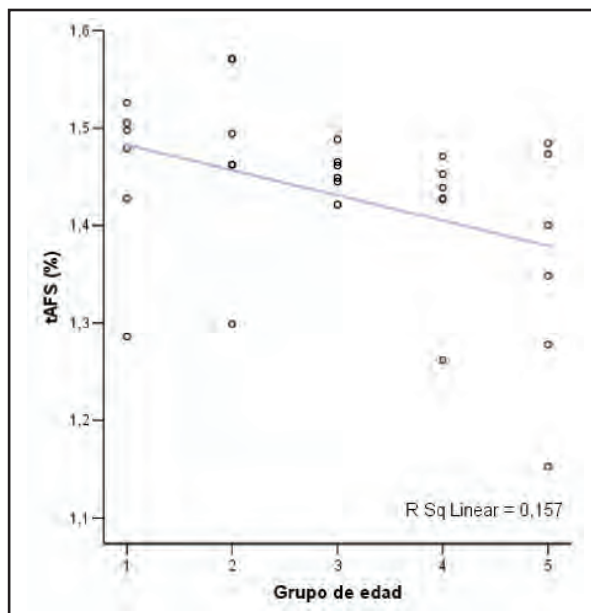
## Discusión

### Densidad folicular

En cabras de Angora de entre 3 y 4 años se informaron<sup>13</sup> densidades de folículos primarios y secundarios (folículos/mm<sup>2</sup>) de 3,15 y 25,30 respectivamente, valores superiores al promedio registrado en el presente trabajo para edades similares (Tabla 1). Sin embargo, los elevados valores de densidad folicular observados en



**Figura 4.** Folículos pilosos en sección transversal debajo del nivel de las glándulas sebáceas de los folículos primarios (nivel B). a. Folículo primario activo; Tinción Saccipic, 200x. C: corteza del pelo; GSU: conducto de la glándula sudorípara; IRS: vaina radicular interna; M: médula del pelo; MEP: músculo erector del pelo; ORS: vaina radicular externa; VD: vaina dérmica. b. Folículo secundario activo (A) mostrando una IRS regular y células redondeadas dispuestas aleatoriamente en la ORS y folículo secundario quiescente (B) con extremo en cepillo y células de la ORS cilíndricas dispuestas radialmente; Tinción Saccipic, 400x



**Figura 5.** Porcentaje de actividad de folículos secundarios (tAFS) en los grupos de edades estudiados. Grupos de edad 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 5, 29, 41, 53 y 65 meses respectivamente

**Tabla 2.** Correlaciones (de Pearson) significativas ( $P < 0,05$ ) para características de piel y fibra en cabras de Angora.

	dS	S/P	DFP	DFS	AFS	DF	DEDF	CVDF	F>30
dP	0,87		-0,67	-0,62		-0,75	-0,49	0,44	-0,74
dS		0,42	-0,81	-0,79	0,40	-0,88	-0,53	0,55	-0,86
S/P			-0,42	-0,47		-0,43			-0,41
DFP				0,88		0,72		-0,58	0,68
DFS						0,75		-0,57	0,71
DF							0,58	-0,60	0,99
DEDF									0,58
CVDF									-0,57

nuestro estudio en animales de 5 meses, dan cuenta de la finalización del desarrollo folicular previo a esta edad. Esto en coincidencia con otros autores<sup>10, 32</sup> que han observado que en cabras de Angora el desarrollo folicular continúa hasta los 4 meses de edad.

Existe una relación inversa entre la densidad folicular y el peso corporal en cabras<sup>26</sup>. Se ha registrado que la densidad de los folículos pilosos disminuye gradualmente con el aumento de la edad y el peso corporal<sup>32</sup>. La disminución de las densidades foliculares observada en el presente trabajo con posterioridad a los 5 meses (Fig. 1) podría ser consecuencia de la expansión de la piel como resultado del incremento en el tamaño corporal. La baja variabilidad observada en los valores de densidad entre los 29 y los 53 meses supondría una estabilización en el crecimiento del animal. Luego de esta edad, sin embargo, se observa una disminución de la densidad folicular hasta alcanzar un valor mínimo a los 65 meses, si bien el tamaño corporal se mantendría.

Por otra parte, la significativa disminución de las densidades foliculares en el rango de edades analizado se corresponde con el incremento del diámetro promedio de las fibras y, paralelamente, con el porcentaje de fibras de mayor diámetro ( $F > 30$ ) (Tabla 2). Las correlaciones altas y negativas entre el diámetro de fibra y la densidad folicular indican que los procesos fisiológicos que actúan generando la población folicular completa están íntimamente relacionados con aquellos que especifican cada folículo con

respecto al tamaño de la fibra<sup>21</sup>.

Las correlaciones negativas observadas entre las densidades foliculares y el desvío estándar, y positivas entre estas variables de piel y el coeficiente de variación (Tabla 2), dan cuenta de la incidencia de la tendencia decreciente de la densidad folicular, al aumentar la edad, sobre la uniformidad de finura del vellón.

## Relación S/P

La relación entre la población de folículos secundarios y primarios promedio para cabras de Angora registrada en este trabajo ( $9,62 \pm 1,61$ ) es levemente superior a lo publicado para animales de Sudáfrica de hasta 24 meses<sup>10</sup>, y superior a cabras de Angora de Nueva Zelanda, con valores entre 8 y 9<sup>13</sup>. También es superior a lo registrado en cabras de Angora de Estados Unidos de 2 a 4 años de edad ( $7,75 \pm 0,14$ )<sup>15</sup>, y superior al valor encontrado en hembras de diferentes edades ( $7,88 \pm 0,13$ )<sup>24</sup>. La relación de folículos secundarios a primarios no varía en animales maduros confirmando la ausencia de desarrollo de nuevos folículos secundarios luego de los 4 meses de edad<sup>22</sup>. Esto permitiría inferir diferencias genéticas generadas por procesos de selección artificial. Debido a que es poco probable que la relación S/P se vea afectada por la variación en los procedimientos de muestreo<sup>17</sup>, las diferencias observadas podrían deberse a diferencias genéticas entre las poblaciones evaluadas por estos autores, o podrían deberse



a variaciones metodológicas. Los valores citados fueron obtenidos mediante conteo de folículos dentro de cada grupo folicular, mientras que en nuestro estudio se tomaron en cuenta los folículos por campo visual, lo que podría sobreestimar el conteo de los folículos secundarios.

En el presente estudio si bien los valores de relación S/P en las distintas edades muestran una tendencia cuadrática significativa, con un valor mínimo a los 41 meses, la proporción de la variación total en la relación S/P que se debe a la edad fue baja. La disminución observada a partir de los 5 meses no podría atribuirse al incremento del tamaño corporal debido a que, la relación S/P no se ve afectada por la expansión o retracción de la piel<sup>11</sup>.

Se ha registrado que el aumento de la relación entre folículos secundarios y primarios acarrea una moderada disminución del diámetro promedio de fibra y del porcentaje de fibras mayores a 30 micras<sup>8</sup>. En nuestro estudio, las correlaciones negativas observadas entre la relación S/P y estas dos variables dan cuenta de su influencia sobre la finura del vellón.

## Diámetro folicular

En relación al diámetro folicular interno se observa una clara tendencia creciente hasta los 53 meses (Fig. 3). Un crecimiento de los bulbos foliculares y, por ende, de los folículos, se traduce en un incremento del diámetro de fibra y del porcentaje de fibras mayores a 30 micras, asociado a un lógico aumento del diámetro folicular interno (Tabla 2). Según McCloghry *et al.*<sup>19</sup>, el diámetro de fibra medido en secciones de piel no refleja de manera precisa el diámetro de fibra del vellón, debido a que el procesamiento histológico de la biopsia de piel puede reducir el diámetro de las fibras en estas secciones. Pero, por otra parte, nuestros resultados sugieren que la presencia de correlaciones positivas altas observadas entre el diámetro interno de los folículos pilosos y el diámetro promedio de fibra (Tabla 2) indicarían que la medición histológica del diámetro folicular interno a nivel de las glándulas sebáceas de los folículos

primarios es un buen estimador indirecto del diámetro de fibra.

Las correlaciones negativas registradas entre el diámetro folicular interno y el coeficiente de variación (Tabla 2) revelan que el incremento del diámetro folicular y, por ende, del diámetro de la fibra al aumentar la edad, acarrea una disminución en el rango de finuras proporcionando un vellón más homogéneo. A partir de los 53 meses, sin embargo, la disminución en el diámetro folicular estaría asociada a un vellón más heterogéneo.

## Actividad folicular

En cuanto a la actividad folicular, los ciclos de actividad frecuentemente difieren entre los tipos foliculares<sup>22</sup>. Dicha diferencia se evidencia en los porcentajes de actividad más bajos alcanzados por los folículos primarios respecto de los folículos secundarios en la época del año analizada (Tabla 1). La fase folicular de crecimiento tiene una duración de al menos ocho a nueve meses<sup>20</sup>. En cabras, los meses de agosto y octubre corresponden al momento de mínima actividad de invierno y al pico en primavera de la actividad folicular respectivamente<sup>23</sup>. En nuestro estudio, al momento del muestreo (noviembre) los folículos deberían encontrarse atravesando la fase anagénica de actividad folicular. Si bien datos propios no publicados correspondientes a principios del mes de octubre evidencian porcentajes menores de actividad en los folículos primarios (18%), los valores de actividad registrados en este trabajo dan cuenta de la presencia de folículos inactivos aún en esta época del año.

En relación a la variación estacional en el número de folículos en fase quiescente en cabras de Angora, ha sido reportado que en animales de hasta 2 años de edad este número varía de un 3% en el verano a un 25% en el invierno<sup>27</sup>. Nuestros porcentajes de inactividad muestran valores inferiores al 3% citado para el verano en animales de 41 meses y de menor edad. Sin embargo los valores son marcadamente superiores en animales de 53 y 65 meses con porcentajes del 6,4% y 12,8% respectivamente. Estas muestras fueron obtenidas en el mes de

noviembre, antes del solsticio de verano. Esto indicaría que animales más jóvenes alcanzan los valores de inactividad citados para la época estival más temprano que animales de mayor edad, por lo que se infiere una iniciación prematura de la fase anagénica.

La fase anagénica de actividad folicular podría ser más prolongada en animales jóvenes que en adultos. En animales en crecimiento la actividad de los folículos pilosos podría responder de manera diferente a factores ambientales, hormonales, o a una combinación de estos, en comparación con animales adultos<sup>7</sup>. En nuestro estudio el porcentaje de actividad de los folículos secundarios presenta una disminución significativa con la edad (Fig. 5), mientras que la actividad de los folículos primarios no muestra una clara tendencia, a pesar que la variación observada en los porcentajes obtenidos para cada edad es mayor que en los folículos secundarios (Tabla 1). Sin embargo, la mayor cantidad de folículos quiescentes y el porcentaje de actividad más bajo hallado a los 65 meses para ambos tipos foliculares podría ser consecuencia de una mayor duración de la fase telogénica en animales de edad avanzada.

La variación en la actividad folicular registrada dentro de cada grupo etario es marcadamente mayor para los folículos primarios (Tabla 1), observándose en 53 y 65 meses valores de actividad de folículos primarios más variables, consecuencia de valores extremos de 48% y 53% respectivamente. Estos valores podrían estar indicando que el inicio del ciclo de crecimiento de la fibra presentaría variaciones importantes no sólo entre animales de diferentes edades sino también entre individuos de un mismo grupo contemporáneo, lo que indicaría que dichas características pueden mejorarse por selección. El ciclo de crecimiento de la fibra podría retrasar su inicio, incrementar su asincronía o adelantar su final en animales de mayor edad. Sin embargo, diferencias de origen genético podrían explicar, también, parte de esta variación. De esta manera las diferencias en las características del vellón observadas en animales de la misma

edad también estarían determinadas en parte por el comportamiento de la población folicular.

Trabajos anteriores<sup>3, 16, 29</sup> registraron la presencia de variaciones importantes en las características cualitativas del vellón en función de la edad de esquila. Esto podría deberse a las diferencias presentes en los ciclos de actividad en cabras de Angora, con folículos primarios mostrando un marcado patrón de crecimiento estacional mientras que en los folículos secundarios el ciclo estacional es apenas discernible<sup>10, 24, 15</sup>.

Se ha observado que los valores máximos de producción (peso de vellón sucio) se obtienen a los 3 y 4 años de edad, originándose desde esa edad en adelante un decrecimiento significativo<sup>29</sup>. La producción de fibra puede ser alterada por la variación en las proporciones de folículos activos y quiescentes<sup>25</sup>. Así, tanto la disminución en el porcentaje de actividad observada luego de los 41 meses en ambos tipos foliculares (Tabla 1), como la disminución principal de la producción reportada a partir de los 4 años, podría explicarse por cambios crecientes en la dinámica temporal de la población folicular activa al alcanzar edades más avanzadas, trayendo aparejado un descenso en la producción de fibra. Esto coincide, además, con el descenso de las densidades foliculares y de los diámetros foliculares internos a partir de los 53 meses, junto a un incremento en la relación de folículos secundarios a primarios (Fig. 1, 2 y 3).

La disminución del peso de vellón luego de los 4 años, teniendo en cuenta que el diámetro y el largo de la mecha se mantienen prácticamente constantes<sup>3</sup>, podría estar influenciada por una variación asociada a una estación de crecimiento más corta en la población folicular. La mayor asincronía y el acortamiento de la duración de la fase de actividad en la población folicular generada por el aumento de la edad, traerían aparejado una disminución de la producción cuyo origen podría relacionarse con un aumento de la variación en el largo de las fibras.

Se percibe necesaria una evaluación de la dinámica folicular a lo largo del año para lograr

una verdadera comprensión del origen de las diferencias observadas para, de esta manera, obtener una caracterización estacional del ciclo de crecimiento del mohair en cabras de Angora de la región Patagónica. Asimismo, sería importante ampliar el rango de edades analizado, así como estudiar la dinámica folicular a lo largo de toda la vida productiva del animal.

## Conclusiones

En el presente estudio la piel ha permitido realizar la caracterización de la población folicular y brindar una información más detallada que permite una mejor comprensión del proceso de producción de fibra. Los resultados obtenidos resaltan la importancia de la edad en relación a la evolución de la población folicular y su influencia en la calidad del mohair.

## Bibliografía

- Abad, M.; Arrigo, J.; Gibbons, A.; Lanari, M.R.; Morris, G.; Taddeo, H.R. Breeding scheme for angora goat production in north Patagonia. *7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Montpellier, France, August 19-23, 2002.
- Antonini, M.; Gonzales, M.; Valbonesi, A. Relationship between age and postnatal skin follicular development in three types of South American domestic camelids. *Livestock Prod. Sci.* 2004; 90:241-246.
- Ariturk, E.; Yalcin, B.C.; Imeryüz, F.; Müftüoğlu, S.; Singer, N. Genetic and environmental aspects of Angora goat production: 1. General performance levels and the effects of some measurable environmental factors on the production traits. *J. Fac. Vet. Med. Univ. Istanbul.* 1979; 5:1-17.
- Auber, L. The anatomy of follicles producing wool fibres with special reference to keratinization. *Trans. Roy. Soc. Edin.* 1952; 62:191-254.
- A Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching. Third edition. Federation of Animal Sciences Societies (FASS). ISBN: 978-1-884706-11-0, 2010.
- Carter, H.B.; Clarke, W.H. Hair follicle group and skin follicle population of Australian Merino sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 1957; 8(1):91-108.
- Celi, P.; Seren, E.; Celi, R.; Parmeggiani, A.; Di Trana, A. Relationships between blood hormonal concentrations and secondary fibre shedding in young cashmere-bearing goats at their first moult. *Anim. Sci.* 2003; 77:371-381.
- Debenedetti, S.; Lombardo, D.; Giovaninni, N.; Poli, M.A.; Taddeo, H.R. 2007. Caracterización folicular de la piel y su relación con características de fibra en caprinos Angora, Criollo Neuquino y su cruce. Resultados preliminares. V Congreso Latinoamericano de especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericano. Malargüe Mendoza, Argentina, 2-4 de mayo, 2007.
- Draper, N.R.; Smith, H. *Applied regression analysis*. 2nd Edition. John Wiley & Sons Inc. New York, USA, 1981.
- Dreyer, J.H.; Marincowitz, G. Some observation on the skin histology and fibre characteristics of the Angora goat (*Capra hircus Angoraensis*). *S. Afr. J. Agric. Sci.* 1967; 10:477-500.
- Henderson, M.; Sabine, J.R. Secondary follicle development in Australian cashmere goats. *Small Rumin. Res.* 1991; 4:349-363.
- IWTO-12-03. Measurement of the mean and distribution of fibre diameter using the Siroscan Laserscan fibre diameter analyser. Raw Wool Services Department. Valley Drive, Ilkley, West Yorkshire LS29 8PB, UK, 2003.
- Jonen, Von M.; Meyer, W.; Schwarz, R.; Davies, A.S. Vergleichende Untersuchungen zur Struktur der Haarfollikelgruppen bei neuseeländischen Cashmere-, Angora- und Cashgoraziegen. *J. Anim. Breed. Genet.* 1994; 111:391-403.
- Lanari, M.R.; Pérez Centeno, M.; Debenedetti, S.; Abad, M. Razas locales y fibras caprinas, bases para un desarrollo rural del norte de la Patagonia Argentina. *Anim. Genet. Res. Inf.* 2009; 45:55-59.
- Litherland, A.J.; Toerien, C.; Sahl, T.; Lee, P.; Goetsch, A.L. Effects of season on fleece traits of Angora does in the US. *Small Rumin. Res.* 2000; 38:63-70.
- Lupton, C.J.; Houston, J.E.; Holloway, J.W.; et al. Animal performance and fleece characteristics of Angora goats maintained on Western and Southern Texas rangeland. *J. Anim. Sci.* 1996; 74:545-550.

17. Maddocks, I.G.; Jackson, N. Structural studies of sheep, cattle & goat skin. CSIRO, Division of Animal Production. *Blacktown*, Australia, 1988.
18. McCloghry, C.E. Histological Technique for the Determination of Wool Follicle Density. *Wool Tech. Sheep Breed.* 1997; 45(2):129-145.
19. McCloghry, C.E.; Brown, G.H.; Uphill, G.C. Computer-assisted image analysis for the measurement of wool follicle density and fibre diameter in skin sections. *N.Z. J. Agric. Res.* 1997; 40:239-244.
20. Meyer, W.; Neurand, K.; Schwarz, R.. Der Haarwechsel der Haussäugetiere. III. Der Haarwechsel bei Schaf und Ziege. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 1980; 87:346-353.
21. Moore, G.P.M.; Jackson, N.; Isaacs, K.; Brown, G. Pattern and Morphogenesis in Skin. *J. Theor. Biol.* 1998; 191:87-94.
22. Nixon, A.J. A method for determining the activity state of hair follicles. *Biotech. & Histochem.* 1993; 68(6):316-325.
23. Nixon, A.J.; Gurnsey, M.P.; Betteridge, K.; Mitchell, R.J.; Welch, R.A.S. Seasonal hair follicle activity and fibre growth in some New Zealand cashmere bearing goats (*Capra hirus*). *J. Zool. Lond.* 1991a; 224:589-589.
24. Nixon, A.J.; Saywell, D.P.; Brown, M.D. Nutritional effects on fiber growth cycles and medullated fibre production in Angora goats. *Proc. N.Z.Soc.Anim.Prod.* 1991b; 51:365-370
25. Reis, P.J.; Sahl, T. The Nutritional Control of the Growth and Properties of Mohair and Wool Fibers: A Comparative Review. *J. Anim. Sci.* 1994; 72:1899-1907.
26. Restall, B.J.; Pattie, W.A.; Winter, D. Variation in density of skin follicles in the feral goat. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 1984; 15:737.
27. Ryder M.L. Cashmere, Mohair and Other Luxury Animal Fibres for the Breeder and Spinner. Southampton, Itchen, UK, 1987.
28. Sumner, R.M.W.; Bigham, M.L. Biology of fibre growth and possible genetic and non-genetic means of influencing fibre growth in sheep and goat-a review. *Livestock Prod. Sci.*, 1993; 33:1-29.
29. Taddeo, H.R.; Allain, D.; Mueller, J.; de Rochambeau, H. Factors affecting fleece traits of Angora goats in Argentina. *Small Rumin. Res.* 1998; 28:293-298.
30. Taddeo, H.R.; Duga, L.; Almeida, D.; Willems, P.; Somlo, R. Variation of mohair quality over the body in Angora goats. *Small Rumin. Res.* 2000; 36:285-291.
31. Wentzel, D.; Vosloo, P. Dimensional changes of follicles and fibres during pre and postnatal development in Angora goat. *Agroanimalia.* 1975; 7:61-64.
32. Wuliji, T.; Litherland, A.; Goetsch, A.L. Evaluation of melatonin and bromocriptine administration in Spanish goats III. Effects on hair follicle activity, density and relationships between follicle characteristics. *Small Rumin. Res.* 2006; 66:11-21.