



**METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN
CUALITATIVA Y CUANTITATIVA
DE FIBRAS TEXTILES NATURALES**

Autores:

Dr. Med. Vet. Eduardo N. Frank
Ing. Agr. Michel V.H. Hick
Med. Vet. Alejandro Prieto
María Flavia Castillo.

frank@uccor.edu.ar

www.uccor.edu.ar/paginas/supprad/php

Red SUPPRAD - Universidad Católica de Córdoba,
Grupo Genética y Grupo Poblaciones.

Edición:

Ing. Agr. Michel V.H. Hick
Dr. Med. Vet. Eduardo N. Frank

Documento Interno SUPPRAD Nº 1 (2009)

Serie Documentos Internos SUPPRAD

Nº 1, Red SUPPRAD 2009.

Versión electrónica en www.uccor.edu.ar/paginas/agronomia/SUPPRAD.php en sección Artículos de interés

La Red SUPPRAD (SUstentabilidad Productiva de Pequeños Rumiantes en Áreas Desfavorecidas):

Red conformada por equipos de docentes, investigadores, técnicos y productores de diferentes Universidades nacionales y privadas y ONG´s nacionales.

Los Autores:

Los autores conforman un equipo de trabajo en torno al Laboratorio de Fibras Animales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Córdoba. Luego de más de veinte años de estudios en el campo de la bolota de la producción de fibra elaboran este documento de síntesis para el apoyo a los técnicos de laboratorio, investigadores, peritos y forenses. Los conocimientos vertidos son el fruto de la Tesis Doctoral del Dr. Frank y de todos los que colaboraron para la misma y del estudio por homología en las diferentes especies de interés zootécnico. Numerosos trabajos científicos ha publicado el equipo y la experiencia acumulada esta puesta a disposición además a través de cursos, pasantías y entrenamientos.

Imagen de fondo de tapa:

Corte transversal de una mecha de Guanaco (Lama guanicoe)

RESUMEN

Las metodologías utilizadas en la identificación de las fibras textiles en la industria textil se pueden clasificar como macroscópicas cuando se basan en el aspecto cualitativo (morfología), en microscópica (óptica o electrónica) basadas en aspectos cualitativos y cuantitativos cuando se basan en mediciones (diámetros, número de escamas) y en químicas como el uso de ADN para diferenciar especies animales. En este trabajo se aporta la información para identificar fibras textiles naturales a partir de tejidos y sus componentes para distintas aplicaciones. Se aporta información práctica y bibliográfica utilizada en el Laboratorio de Fibras Animales de la Red SUPPRAD.

INTRODUCCIÓN

La identificación de pelos y fibras de origen animal (incluido humano) o vegetal tiene muchas aplicaciones, a saber: identificación de dietas en humanos y animales depredadores, confección de inventarios faunísticos (Chehébar y Martín, 1989), estimación de abundancia de especies (Lindenmayeret *et al.*, 1999), criminología (Hausman, 1925), industria peletera (Hausman, 1920) y por supuesto las fibras con propiedades y usos textiles industriales (Ford & Roff, 1954) inclusive artesanales.

En ese contexto aparece la necesidad de desarrollar técnicas de laboratorio que permitan identificar con la mayor precisión posible y al menor costo posible el tipo de fibra que constituye dicha estructura anatómica o producto textil.

El objetivo de este trabajo es presentar la metodología utilizada convencionalmente en los laboratorios de fibras animales y vegetales para identificar las fibras y discriminar entre/dentro de fibras animales/vegetales, con datos adicionales cómo procesos textiles utilizados.

METODOLOGÍAS MACROSCÓPICAS

La primera observación de una muestra textil problema proviene del demandante de análisis. Esta información generalmente incluye el origen del textil, forma de obtención y estado de conservación de la pieza. En esta primera semblanza se suele llegar a una primera aproximación sobre el análisis posterior que se debe hacer para determinar de que materia prima está constituida.

La observación objetiva que debe hacer el laboratorio a continuación consiste en describir la pieza, si se puede distinguir alguna estructura textil concreta como tejido de punto, crochet, plano o de telar, o solo hilos separados o trozos de fibras sueltas. En el caso de un tejido se agrega una descripción sobre su estructura: tipo de tejido (faz urdimbre, faz trama), tipo de punto empleado en los tejidos de punto, estructuras adicionales como bordados, sobrepuestos, etc. Esta primera descripción ayuda además a dar la primera impresión sobre su estado de conservación y posibles análisis a diseñar a partir de aquí. Si el/la laboratorista reconoce la pieza y/o a la fibra que la conforma por su experiencia, quizás solo el análisis subsiguiente será para confirmar su hipótesis. Si en cambio no le resulta familiar, posiblemente su propuesta de análisis sea más compleja.

La primera acción de intervención consiste en diseccionar la pieza en sus constituyentes más elementales (hilos, fibras y tipos de fibras) sobre un cuadrado de terciopelo o pana de color blanco para fibras pigmentadas o coloreadas o de color oscuro (azul o negro) para fibras blancas. En esta disección se separan las fibras por largo (diagrama de Baer), por tipos de rizo (‘crimpado’), grosor y forma identificada a ojo vista según las estructuras identificables (Dry, 1975). En un primer momento se puede dirimir el origen vegetal, animal o artificial de las fibras mediante métodos sencillos. Aunque normalmente no se esperan fibras artificiales, estas pueden venir de contaminación con envases, de fraudes u otras situaciones.

Si persiste alguna duda sobre el reino de origen una primera prueba es quemar una cantidad mínima de las distintas fibras identificadas y observar el resultado de la quema. Esta es, para la fibra animal una cierta dificultad para conseguir la ignición y el desprendimiento de un olor '*a pelo quemado*' característico que surge de su contenido proteico; en el caso de materia vegetal la ignición es más rápida y el olor es '*a papel quemado*' y si fuera artificial la ignición es muy rápida y normalmente el olor es '*a plástico*' o no presenta características particulares. Complementariamente se puede apreciar el residuo, siendo casi nulo en el caso de las fibras animales, apreciándose cenizas en el caso vegetal y una '*bolita*' o '*nudo*' en el caso de fibras artificiales.

En esta etapa del análisis normalmente no se requieren preparaciones especiales del espécimen a analizar, pero si requiere preparaciones la etapa posterior que es el análisis microscópico.

METODOLOGÍAS MICROSCÓPICAS

En la mayoría de los casos problemas con textiles de origen arqueológico la cantidad de muestra es reducida y los detalles macroscópicos son irrelevantes, es ahí dónde el análisis microscópico cobra importancia por ser muchas veces la única instancia posible de análisis.

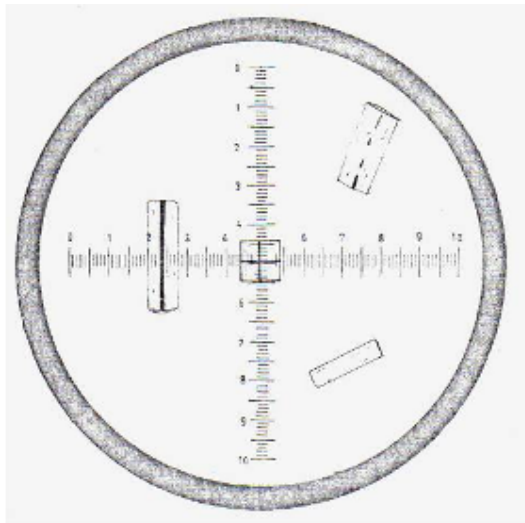


Figura 1: Vista esquemática de las fibras a evaluar en el microproyector

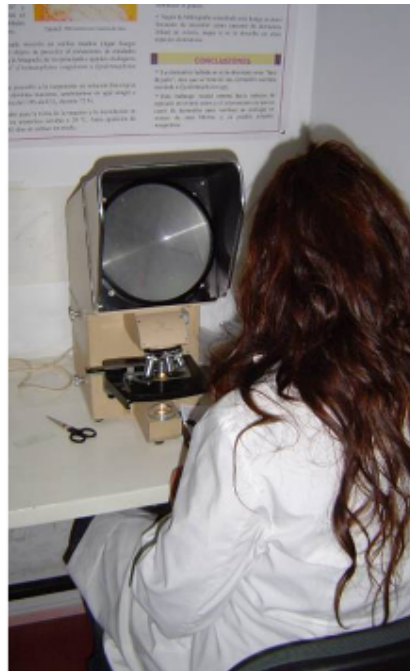


Foto 1: Vista de un microproyector o lanámetro

En forma generalizada se pueden clasificar los análisis microscópicos como cualitativo y cuantitativo, aunque en la mayoría de las veces se combinan ambas situaciones, por lo tanto, los vamos a considerar por separado para lograr una presentación más clara y didáctica.

En cuanto a la preparación de las fibras para su visualización bajo microscopio óptico depende de las pretensiones de evaluación que se quieran seguir y básicamente son las siguientes:

1. Montaje de la muestra completa para cortes en sentido longitudinal:
Dependiendo de la cantidad de muestra, esta se corta directamente con una tijera lo más corta posible o con un instrumento especial llamado fibrótomo o micrótomo de Hardy que puede

lograr cortes de hasta 150 micras de largo. Este material se levanta con un pincel y se coloca sobre un portaobjetos limpio sobre el cual se deposita una gota de glicerina ligeramente diluida con agua.

i.- Análisis cualitativos:

La muestra se observa en lupa (25-50x) para observar la regularidad de la sección, en las fibras vegetales y en la seda se observan más irregulares, las fibras animales se ven bastante regulares y las sintéticas a esos aumentos aparecen totalmente regulares. Mientras que al microscopio o al microproyector lanómetro (ver Foto 1 y Figura 1) a 500x y se tratan de diferenciar tipos de fibras en base a los siguientes criterios:

- Grado de visualización y tipo de escamas: las células más externas de la cutícula o capa más externa de la fibra tienen un aspecto de 'escamas de pescado' o de 'tejas' y de ahí viene su nombre ('scales' en inglés). En las fibras de lana son visibles con claridad, no así en las demás fibras animales, en las fibras vegetales y en la seda no existen. El tipo de escama depende del tipo de fibra que se está visualizando, cuando más gruesa mayor frecuencia de escamas se observa mientras que las fibras más finas tienden a estar 'coronadas' (una sola escama da toda la vuelta). De cualquier manera la observación de las escamas con este método es muy pobre y se explicará más adelante un método más detallado.
- Tipo de médulas: la fibra tiene básicamente dos estructuras bien diferenciables: la cutícula y la corteza, pudiendo estar presente en determinadas fibras un espacio más oscuro ópticamente destacable que recibe el nombre de médula (ver Figura 2). Las médulas pueden ser clasificadas (Wildman, 1955; Frank *et al.*, 2007) de una manera precisa y altamente repetibles de la siguiente manera:
 - o Médulas continuas
 - Médula grande en enrejado ('lattice'): la médula abarca la mayor parte de la fibra y presenta una forma reticulada o en enrejado característico (Figura 3, a). Es característico de las fibras gruesas de guarda de todos los animales silvestres y aparece en la lana como una fibra especial llamada 'kemp' y en los vellones de los Camélidos silvestres y domésticos y en la cabra criolla que presenta doble capa (cachemira).
 - Médula continua simple: presenta aspecto de caño central y si se infiltra con el medio de montado aparece clara y si no se infiltra el medio aparece oscura. Su tamaño es mucho menor que la anterior (Figura 3, b). Igualmente identifica fibras gruesas y medianas y es bastante común en los Camélidos y en los caprinos y puede estar en lanas muy gruesas.

Referencias:

- 1.-Escamas cuticulares
- 2.-Medula
- 3.-Corteza
- 4.-Pigmentos

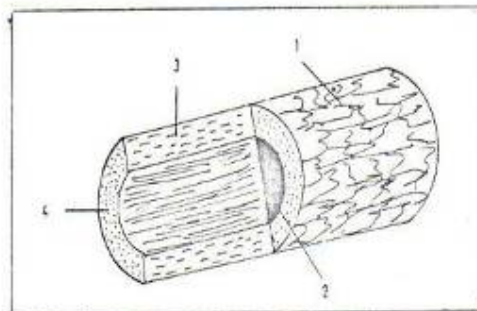


Figura 2: Estructura de una fibra con sus componentes

- Médulas discontinuas:
 - Médula interrumpida: normalmente es más fina que la continua simple y está interrumpida a intervalos más o menos regulares (Figura 3, c). Es común en las lanas cruda mediana y gruesa y en los vellones de Camélidos y Caprinos (criollos y Angora).
 - Médula fragmentaria: pequeños fragmentos o islas en el centro de la corteza (Figura 3, d). Aparece igualmente asociada a las lanas cruda mediana y gruesa y en los vellones de Camélidos y Caprinos (criollos y Angora).
 - Médula en escalera o interrumpida regular: tiene una forma seriada o multiseriada donde los espacios con médulas se alternan con los espacios amedulados (Figura 3, e). Es muy común en roedores (vizcachas, chinchillas, maras, etc.), conejos de los distintos tipos y algunos cánidos. Suele ser contaminante de textiles o aparece en la construcción de elementos de uso cotidiano como pinceles o adornos. No obstante, es dable destacar su uso como parte de textiles por las civilizaciones andinas en combinación con otras fibras (Reigadas, 2001).
- Fibras ameduladas (Figura 3, f): se observa el perfil característico de la fibra sin presencia de un área más oscura o ligeramente diferente que es la médula.
- Fibras pigmentadas: en algunos casos (fundamentalmente negras) o teñidas con colorantes naturales o artificiales, se debe decolorar la fibra para observar la médula. Esto se consigue con los procedimientos habituales de decoloración de peluquería, basados en el uso de agua oxigenada (H_2O_2) y otros productos comerciales.
- Médulas no visibles: en esta sección de corte longitudinal suelen aparecer perfiles que no muestran médulas o las muestran muy finas cuando en realidad son médulas muy irregulares para las cuales esta observación es inapropiada y se debe hacer sección transversal.

ii.- Análisis cuantitativos:

En este mismo montaje se pueden hacer mediciones de diverso tipo que ayudan a definir el tipo y la calidad de la fibra utilizada. La medición más importante es el grosor del perfil de la fibra proyectada (ver Figura 1) que estima el diámetro de la sección de esa fibra.

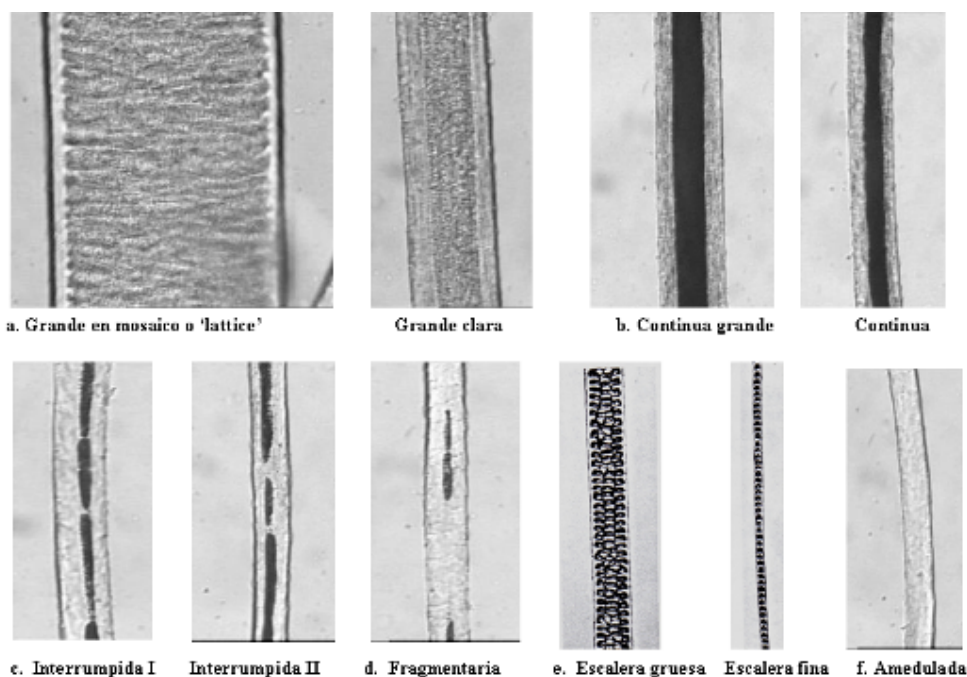


Figura 3: Clasificación de los distintos tipos de médulas encontradas en las fibras animales

Es importante aclarar que esta medida asume que la sección transversal de la fibra es enteramente circular (de ahí el nombre de 'diámetro'). Al medir los diámetros en fibras de diferentes tipos que se puedan identificar de alguna forma (médula, escamas, etc.) se discrimina diámetro por tipo de fibra que en el caso de los vellones compuestos o mixtos de Camélidos y Caprinos sirve claramente para evaluar la calidad de la materia prima y el tipo de procedimiento textil utilizado (descerdado o no descerdado). Se establecen las relaciones entre diámetros de las fibras y de las médulas que es particularmente útil en el caso de fibras continuas, a su vez, el diámetro de la médula es un buen indicador en el caso de Camélidos silvestres dónde el mismo tipo de médula tiene menor diámetro que en domésticos.

En esta medición se tiene que tener en cuenta que dada la gran variación de diámetros que tienen las fibras animales diversas e incluso las vegetales un gran problema es la exactitud y la precisión de las medidas. Este es un concepto físico y estadístico respectivamente. Siendo la exactitud la relación que hay entre la medida que hace el aparato y la verdadera medida (en grado de definición en el caso de los microscopios) y la precisión es la repetición o sea la relación entre las sucesivas secciones de medida que se pueden hacer (como las medias o promedios de las sucesivas medidas se acercan a las obtenidas previamente). Esto plantea el problema de la cantidad de fibras a medir en cada sección de acuerdo a la variabilidad que la muestra presenta y la precisión requerida por el análisis.

Estadísticamente se determinan también el desvío estándar y el coeficiente de variación de diámetro de las fibras medidas en cada sección.

2. Montaje de fibras cortadas en secciones transversales:

Los cortes transversales al eje de la fibra requieren el uso del fibrótomo o micrótomo de Hardy y en la mayoría de las veces requieren ser montadas previamente con algún elemento líquido que se endurezca rápidamente y sea observable luego (sea transparente). Normalmente se utilizan adhesivos simples ('Plasticola') hasta montantes sintéticos especialmente diseñados para esto (metacrilatos). Se debe tener especial atención en cortar lo más perpendicularmente posible las fibras apiñadas en el fibrótomo, dado que la forma de la sección transversal de la fibra es un elemento diagnóstico importante y la deformación artificial puede confundir dicho diagnóstico (ver Figura 4).

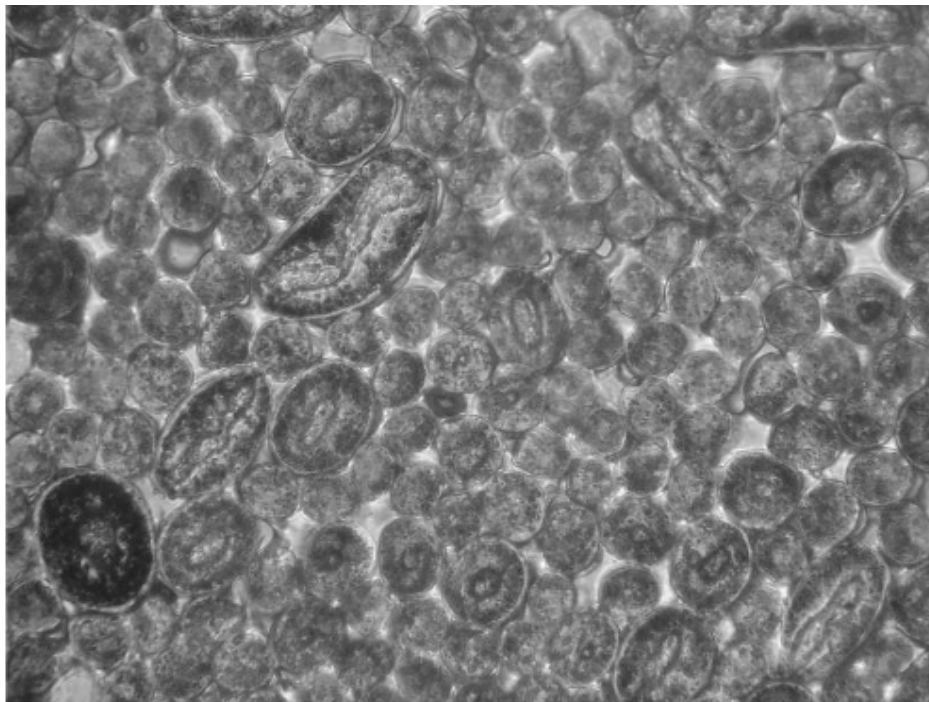


Figura 4: Corte transversal de fibras de Camélidos silvestres (Guanaco)

A veces y dada la ausencia de un fibrótomo el corte se hace con micrótomos convencionales, previo montaje con parafina, celoidina, gelatinas, etc. En ese caso se debe colocar un elemento de referencia en el taco para que su sección pueda ser utilizada de referencia del sentido en el cual resultó el corte (hilo sintético, lana, etc.).

i.- Análisis cualitativo

Lo más interesante en este tipo de corte es identificar la forma de las fibras y la forma de las médulas. Si las fibras son finas normalmente tienen una forma casi circular o apenas elíptica, pero en las fibras medianas y gruesas aparecen formas más irregulares. En la Figura 5 se presentan las formas posibles tanto de fibras como de médulas. En general no se utilizan criterios a priori para identificar los tipos de fibra y médula, sino que se confrontan con modelos de fibras conocidas. Esto es para evitar la excesiva variación que existen entre los distintos tipos de fibras dentro y entre especies. Sin embargo se puede interpretar cómo aproximado el esquema debido a Villarroel León (1954) para fibras de Camélidos. Al respecto el libro de Appleyard (1978) es amplio en imágenes y variantes, pero lo ideal es disponer de imágenes de fibras conocidas como archivo de imágenes.

En el caso de las fibras vegetales y de la seda, la única información que brinda esta sección es la forma de la fibra, cuyos detalles están ampliamente detallados en Ford & Roff (1954).

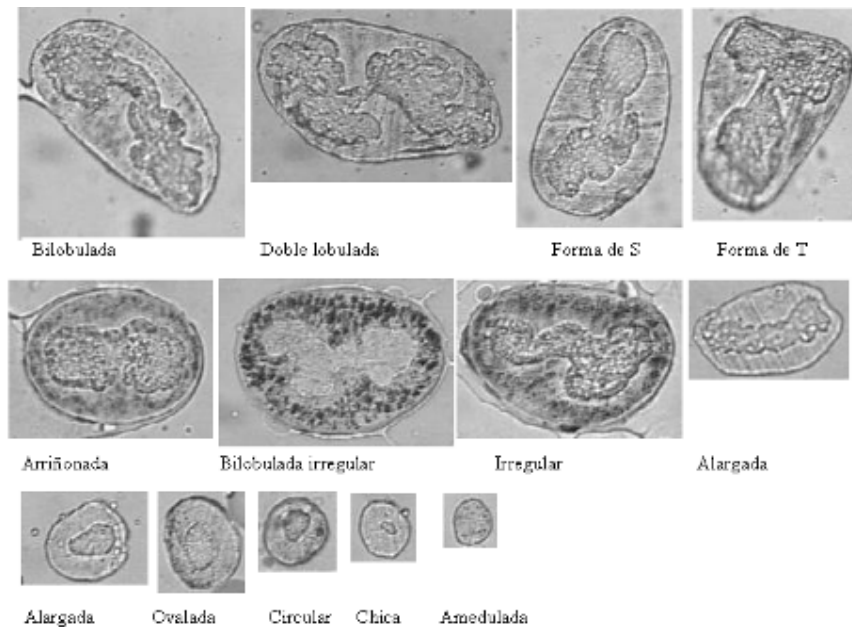


Figura 5: Clasificación de los distintos tipos de médulas encontradas en las fibras en Camélidos Sudamericanos (sentido transversal) (Frank, 2001).

Otra información diagnóstica de este tipo de sección es la pigmentación, en el caso que la fibra no sea blanca. La forma y ubicación de las islas de pigmentos pueden ayudar también y en ese caso las variantes son muy importantes, por lo tanto se debe tener necesariamente un patrón de referencia para poder identificar la fibra.

ii.- Análisis cuantitativo

El verdadero diámetro de la fibra se obtiene de esta sección, pero siendo irregular el contorno de la fibra se requiere tomar alguna decisión sobre qué se va a considerar como diámetro. Las alternativas son: tomar dos medidas perpendiculares entre sí considerando uno eje mayor y el otro eje menor y se obtiene el diámetro como la semisuma entre ambas medidas y la relación entre eje menor sobre mayor cómo una medida de elipticidad de la fibra. Siendo la fibra muy

irregular lo que se mide es el diámetro de Ferets (variación diamétrica), que consiste en medir a través de la sección a intervalos regulares y promediar las medidas, obteniendo además el desvío y/o el coeficiente de variación de las medidas. Esto último da un indicativo muy bueno de la irregularidad de la fibra al igual que el grado de elipticidad en la variable anterior. Ambas medidas son fuertes indicadores de fibras irregulares y de vellones o capas de origen con composición mixta (Camélidos silvestres y domésticos, caprinos, ovinos criollos, etc.).

3. Determinación de morfología y mediciones en las escamas cuticulares:

De acuerdo a la Figura 2 la parte más externa de las fibras animales y también según lo informado en la sección 1, presenta un fuerte poder diagnóstico a través de la observación de la forma y tamaño de las células sobresalientes (escamas o 'scales') (Wildman, 1955).

El montaje del preparado comienza con la separación por disección de las fibras elegidas, tomando en cuenta que las fibras se deben montar perfectamente separadas entre sí para no generar superposiciones ni confusiones. Los métodos y elementos de montaje son diversos, pero el más fácil y rápido es el método de impresión ('casting'), que consiste en:

- Sobre un portaobjetos limpios se distribuye una gota de gelatina al 3%, esmalte de uñas transparente o se adhiere una cinta 'Scotch'. Cada elemento tiene sus ventajas y desventajas, la glicerina es la que da un 'cast' más claro y nítido, pero requiere un tiempo de secado, mientras que los otros dos son instantáneos pero brindan un imagen menos nítida (ver Figura 6).

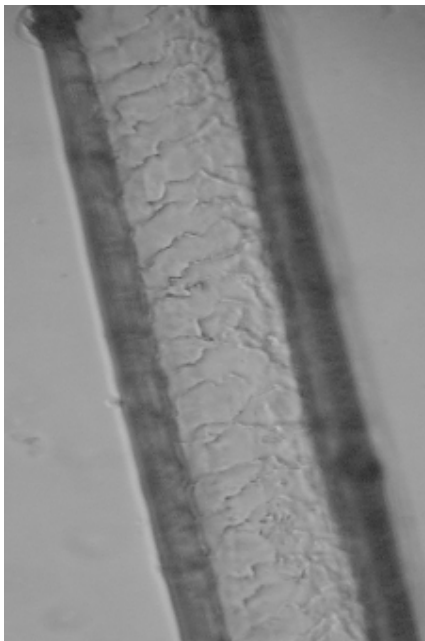


Figura 6: Impronta ('cast') de una fibra que muestra las escamas (cantidad y formas).

- Dos formas de realizar la impresión:
 - Rolado de una fibra a lo ancho del portaobjeto gelatinizado
 - Semi-incrustación de la fibra en el medio líquido y despegado de la fibra cuando se note sólido el medio de fijación (tacto no untuoso).
- Evaluaciones cualitativas sobre la imagen generada al observar la impresión con un microscopio equipado con anillos de contraste de fase, de no ser así un microscopio convencional no da una buena resolución de las escamas. Las escamas se identifican de acuerdo a la siguiente secuencia (Wildman, 1955; Appleyard, 1978):

i.- Determinación de la forma de los márgenes de las escamas. Los márgenes de las escamas se clasifican (Figura 7) como: lisas, serrucho regular, serrucho irregular y ondeado.

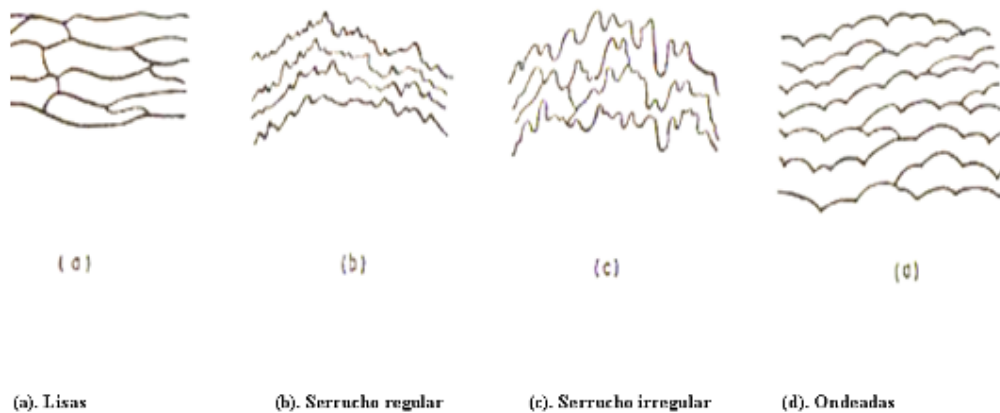


Figura 7: Clasificación de las formas de los márgenes de las escamas

ii.- Determinación de las distancias entre los márgenes de las escamas. Según el grado de separación entre escamas se clasifican como (Figura 8): distantes, cercanas y cerradas.

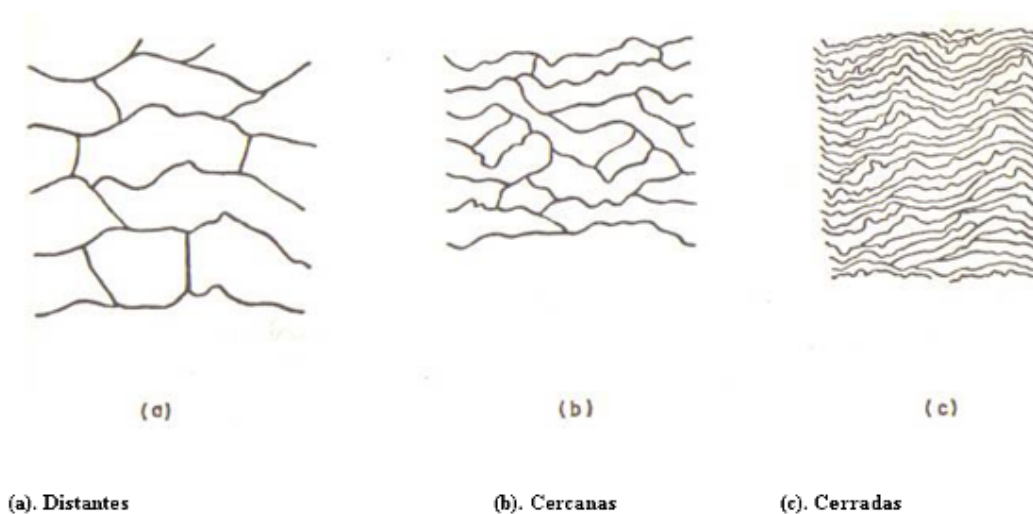
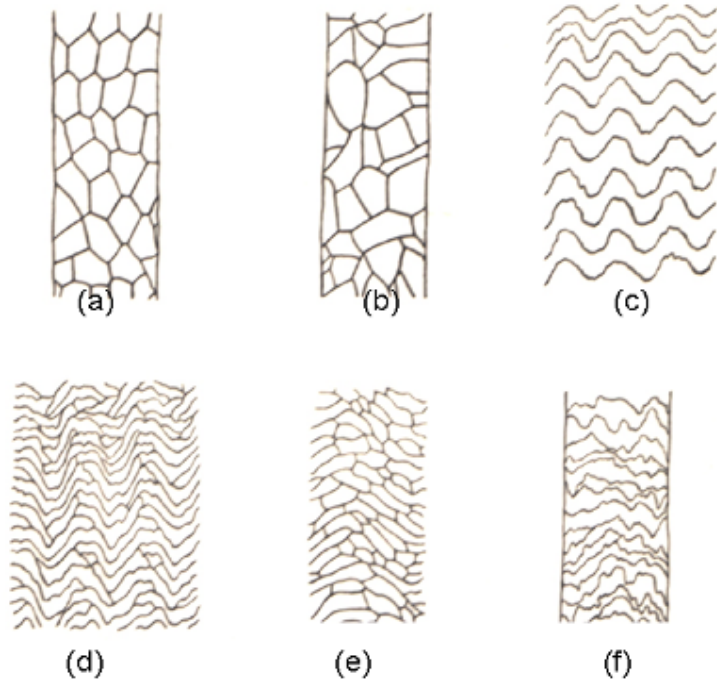


Figura 8: Clasificación de las distancias entre márgenes de las escamas

iii.- Determinación del patrón general de la forma de las escamas: normalmente es la determinación más importante desde el punto de vista cualitativo, porque resume todas las formas. La clasificación más simple de los patrones se basa en el aspecto de mosaico que tienen y en ese caso se clasifican como: mosaico regular, mosaico irregular, onda simple regular, onda regular interrumpida, mosaico onda irregular y onda profundidad media (Figura 9). Además se agregan detalles sobre las formas de las ondas, profundidades, etc. que no se incluyen en este ítem. Si bien los esquemas básicos aquí presentados orientan en la identificación, esta se hace más acertadamente cuando se comparan 'casting' de fibras conocidas con las fibras problema.



(a). mosaico regular, (b) mosaico irregular, (c) onda regular simple, (d) onda regular interrumpida, (e) mosaico, onda irregular, (f) onda medio profunda

Figura 9: Patrones cuticulares de fibras animales

- Evaluaciones cuantitativas: posiblemente uno de los factores mas interesantes que se pueden detectar en estas impresiones son las diferencias cuantitativas entre los tipos de fibras de distintos origen y éstas son:

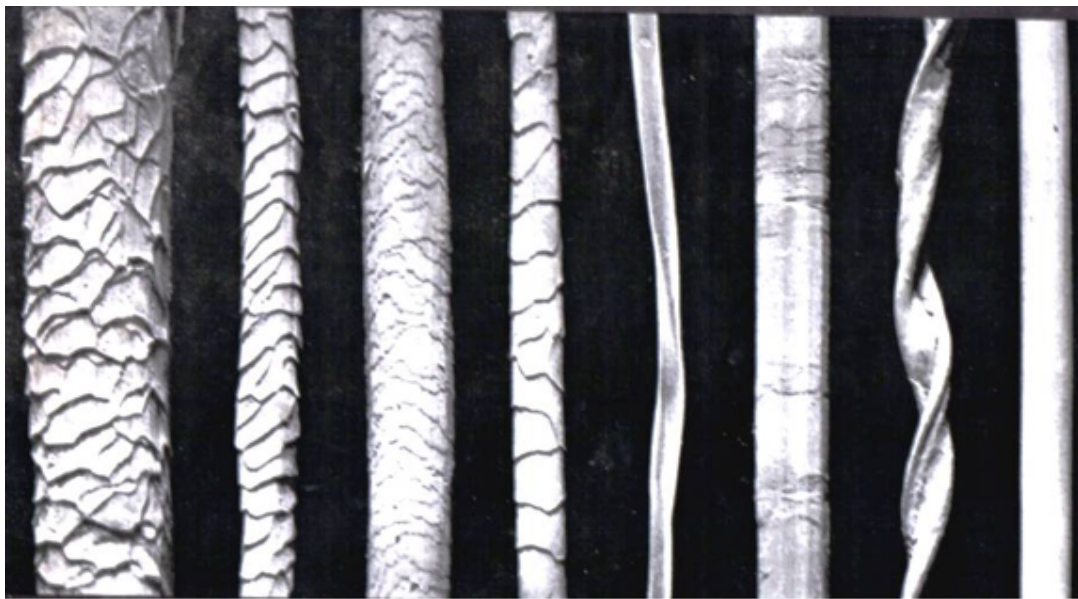
- Número de escamas por cada 100 μm lineales de fibra
- Índice de Haussman: el número anterior dividido el diámetro medio de la fibra incrustada.

En el ítem siguiente vamos a ver que aún se puede agregar otra medida cuantitativa y es la altura del borde o filo de la escama, para lo cual se debe observar la imagen a microscopía electrónica de barrido (SEM). Para ambos tipos de medidas existen tablas que determinan para cada tipo de fibra los promedios, no obstante se debe tener cuidado en identificar correctamente la fibra que se incrustó, porque las frecuencias de escamas cambian de acuerdo al grosor de la fibra, independientemente del animal al que pertenecen (Antonini et al., 2000).

METODOLOGÍAS DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

La preparación de las fibras para ser procesadas con microscopio de barrido de electrones (SEM) es bastante compleja y consiste básicamente en lo siguiente:

Fragmentos de fibras obtenidos como se describe anteriormente para microscopía óptica se suspenden en un tubo de ensayo con 1 ml de acetato de etilo, se agitan y a continuación, se vierten sobre una placa de vidrio. Después de la evaporación del disolvente, se cortan con tijeras y se recogen las muestras en los tacos de aluminio cubierto en doble cara con cinta adhesiva 'sputter' recubiertas con alrededor de 30 nm de oro en una atmósfera enrarecida de argón (0,1 - 0,2 mbar), con una aplicación de voltaje de 0,6 Kv y de plasma corriente de 18 mA por 180's. Examen microscópico a diferentes aumentos se llevan a cabo utilizando microscopios electrónicos de distintas marcas y tipos, con una aceleración de tensión de 15 Kv y distancia de trabajo de 15 - 20 mm (Tonin *et al.* 1996) (ver Figura 10).



Lana gruesa Lana fina Alpaca/Llama Cashmere Seda Lino Algodón Poliéster

Figura 10: Imágenes de SEM de las fibras animales, vegetales y sintéticas más comunes

Es un análisis costoso y limitado a conseguir los servicios de un SEM y se justifica formalmente solo para medir altura de escamas (ver Figura 11), ya que para la observación de patrones cuticulares y la determinación de cantidad de escamas es una técnica equivalente a la técnica descrita en 3.-

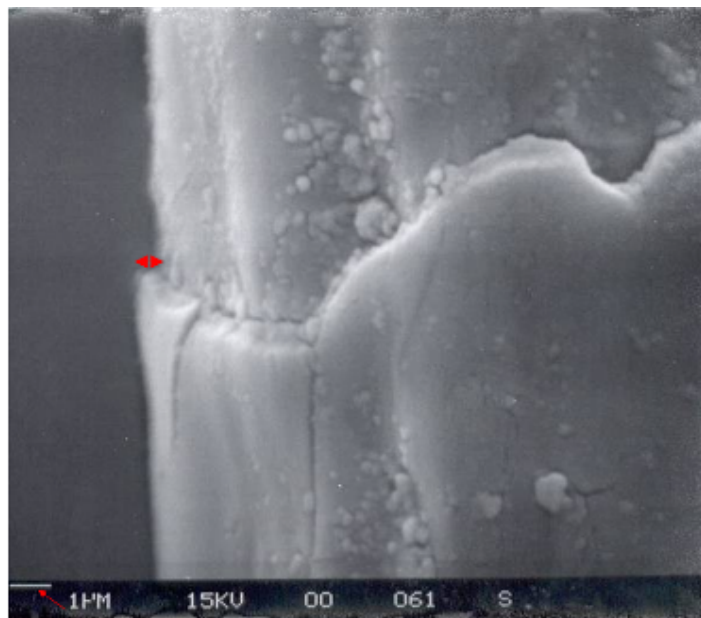


Figura 11: Imagen de un fibra a SEM para observar la altura de una escama y poder medirla (observar que es menos de la mitad de 1 μm) (Frank, 2001)

METODOLOGÍAS QUÍMICAS

En general los análisis químicos gruesos no brindan demasiados elementos de identificación dada la escasa variación en la composición química de las distintas fibras, así las fibras animales son proteínas (queratina), las fibras vegetales carbohidratos estructurales (celulosa) y aunque dentro de cada una puede haber variantes químicas normalmente no agregan muchos elementos diagnósticos cómo para usar análisis químicos rutinariamente.

Sin embargo y a partir del desarrollo de técnicas químicas que permiten identificar y separar porciones del ADN, resulta atractiva la búsqueda de técnicas que puedan servir para diferenciar fibras animales de distinto origen. Aunque aún no se han utilizado a nivel comercial, el desarrollo para la industria textil está disponible en la forma de técnicas de perfiles de ADN desarrollados por el British Textile Technology Group (BTTG) en Manchester y que se basa en los aislamientos de oligonucleótidos a partir del material nuclear superviviente en la fibra queratinizada (Hamlyn *et al.* 1992). El material se extrae de la cutícula de la fibra mediante un lavado en solución acuosa de dodecyl sulfato de sodio, también del molido criogénico de fibras enteras o pedazos. El material obtenido es luego amplificado con PCR y se desarrollan 'primers' que permiten identificar presencia o no de determinada fibra (Hamlyn *et al.* 1996). Al momento esta metodología permite diferenciar lana de cashmere, fibra de yak y fibras provenientes de camélidos (Hamlyn, 1996). Una técnica más refinada ha sido publicada más recientemente y utiliza PCR-RFLP para diferenciar lana de cashmere con menor cantidad de ADN y mayor precisión que la anterior (Subramanian *et al.* 2005).

Bibliografía

- Antonini, M., Gonzalez, M., Frank, E.N., Hick, M.V.H., Pierdomicini, F., Catalano, F. and Castrignanò, F., 2000.** Domestic South American Camelids fleece fibre cuticular structure. In: *Symposium Int. Cam. Sud. Dom.. Seminario Final Proy. SUPREME. Arequipa, Perú.* (marzo). (Abstract).
- Appleyard, H.M. 1978.** Guide to the identification of Animal Fibres. WIRA pub. 127 pp.
- Chehébar, C. y S. Martín., 1989.** Guía para el reconocimiento microscópico de los pelos de los mamíferos de la Patagonia. *Acta Vertebrata* 16: 247-291.
- Dry, F.W. 1975.** The architecture of lamb's coats. A speculative study. Massey Univ., Palmerston North, N. Zealand. 300pp.
- Ford, J.E. & W.J. Roff, 1954.** Identification of textile and related fibres. *J. Text. Inst.*, 45: 580-611.
- Frank, E.N., 2001.** Descripción y análisis de segregación de fenotipos de color y tipos de vellón en Llamas argentinas. Tesis Doctoral UBA, 204pp.
- Frank, E.N., Hick, M.V.H. and Adot, O., 2007.** Descriptive differential attributes of type of fleeces in Llama fiber and its textile consequence. 1-Descriptive aspects. *The Journal of the Textile Institute* 98: (3): 251-259.
- Hamlyn, P.F., Nelson, G., McCarhy, B.J., 1992.** Wool fibre identification using Novel Species-Specific DNA probes. *J. of the Textile Inst.*, 83(1):97-103.
- Hamlyn, P.F., Ramsbottom, S. McCarhy, B.J. & Nelson, G. 1996.** Analysis of speciality fibres using DNA amplification techniques. In: J.P. Lakker & Wortman (Eds.) *Metrology and identification of Speciality Animal Fibres. European Fine Fibre Network, Occasional Publication N° 4, Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, 59-68pp.*
- Hausman, L.A. 1920.** The microscopic identification of commercial fur hairs. *The scientific Monthly*, 10 (1): 70-78.
- Hausman, L.A. 1925.** A comparative racial study of the structural elements of Human head-hair. *The American Naturalist*, 59 (665): 529-538.
- Lindenmayer, D.B., Incoll, R.D., Cunningham, R.B., Pope, M.L., Donnelly, C.F., McGregor, C.I., Tribolet, C. and B.E. Triggs, 1999.** Comparison of hairtube types for the detection of mammals. *Wildlife Research*, 26: 745-753.
- Reigadas, M. del C., 2001.** Variabilidad y cambio cultural en el NOA desde los comienzos de la domesticación animal hasta la consolidación de las adaptaciones pastoriles. Tesis Doctoral Facultad de Filosofía y Letras, UBA. 439pp.
- Subramanian, S., T. Karthik & N.N. Vijayaraaghavan. 2005.** Single nucleotide polymorphism for animal fibre identification. *J. of Biotechnology*, 116(2): 153-158.
- Tonin, C., Innocenti, R., Bianchetto, M., P.D. Pozzo, 1996.** Light and Electron microscopy of Camelid hair: fibre identification and analysis of textiles. In: Gerken M. and Renieri C. (ed.) *Proc. 2nd European Symposium on South American Camelids*, pp. 291- 300
- Villarroel León, J. 1954.** A study of alpaca fibers. Thesis School of Wool Technology, New South Wales University, Sidney, Aust. 123p.
- Wildman, A.B. 1955.** The structure and identification of wool and other animal textile fibres. In: *Proc. of the Int. Wool Textile Res. Conf , Austrlia. Vol. F: 156-220.*