

50524
12



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**IMPORTANCIA CRIMINALÍSTICA DEL ESTUDIO
DE PELOS Y FIBRAS**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

P R E S E N T A :

BELLO VARGAS | DIANA ALEJANDRA

ASESOR : Q.F.B. ISIDRO HINOJOSA LÓPEZ

MÉXICO, D.F.

ENERO 2003.

TESIS CON
VALIA DE ORIGEN

A

FES ZARAGOZA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

Dedicatorias.

A mi *Padre Celestial*, por saber que vives, darme lo más valioso que es la vida, por el amor y todas las pruebas a lo largo de mi vida aquí en la tierra, por tener una familia y un hogar, por todo lo que me das aun sin merecerlo. ¡TE QUIERO!

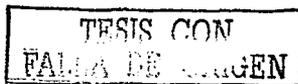
A mi maravillosa *MADRE*, porque siempre estas conmigo en todos los momentos importantes de mi vida, por tu esfuerzo, ejemplo, cariño, paciencia, comprensión, apoyo incondicional, confianza, no se que haria sin ti, siempre estas en mi mente... por eso y más ¡ *TE ADORO!* y ¡*QUIERO CON TODO MI CORAZÓN!*

A mi mejor y única hermana *MARY*, agradezco a Dios por tenerte a mi lado compartiendo los buenos y malo ratos, por entenderme, escucharme, por tu amor, fortaleza, sabiduría, consejos, gracias por tu ejemplo, porque siempre aprendo de ti, ¡*ERES MARAVILLOSA!* Y ¡*TE QUIERO!*

A mis hermanos *Miguel A., Luis A., y Fernando* por su comprensión, ejemplo, cariño, sé que siempre puedo contar con ustedes. ¡*GRACIAS!*

A todos mis amigos de la iglesia y a la mejor misión del mundo *México Monterrey Sur*, a quienes me enseñaron otra forma diferente de ver la vida y por su apoyo incondicional. ¡*GRACIAS!*

A mi gran amiga *TERE*, por estar a mi lado, por reír y llorar conmigo, por su comprensión, palabras, confianza, apoyo, porque aprendí el valor de la amistad sincera, gracias por todo, porque la amistad es el tesoro más grande que puedes dar..... ¡*ERES ESPECIAL!*



Agradecimientos.

Al Q.F.B. Valentín Islas Pérez por su preocupación, apoyo incondicional, por hacer posible y realidad la realización de este proyecto. Gracias por todo su esfuerzo.

Al Q.F.B. Isidro Hinojosa López por su paciencia y disposición en el desarrollo de este proyecto. Gracias por su apreciable tiempo.

A todos los profesores del Diplomado de Química Legal por su tiempo, disposición y enseñanzas. Gracias por su sinceridad de transmitirnos sus conocimientos y experiencias.

A cada uno de los sinodales, por su tiempo, esfuerzo, y gran disposición dedicada a la revisión de la presente tesina. Sus observaciones ayudaron a mejorar la calidad de este proyecto.

¡Muchas gracias! a todos los profesores que durante mi vida me han guiado, alentándome con sus palabras, conocimientos y ejemplo, a enfrentarme a los retos de la vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, gracias por el tiempo, enseñanzas, conocimiento, ejemplo, paciencia y sobre todo por la confianza puesta en mí para levantar el estandarte de una profesión con dignidad.

TESIS CON
FALLA DE CARGEN

El hombre, mediante el razonamiento y el ejercicio de su inteligencia natural puede adquirir, hasta cierto punto, un entendimiento de las leyes de la Naturaleza. Pero para comprender a Dios, es indispensable tener sabiduría e inteligencia celestiales. *The Gospel Kingdom, pág. 258.*

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

0

JURADO ASIGNADO.

PRESIDENTE M. en C. RAQUEL RETANA UGARTE

VOCAL* M. en C. TERESA JUÁREZ CEDILLO

SECRETARIO Q.F.B. ISIDRO HINOJOSA LÓPEZ

SUPLENTE Q.F.B. ROBERTO CRUZ GONZÁLEZ MELÉNDEZ

SUPLENTE Q.F.B. ROSALBA BARRERA MARTÍNEZ

ASESOR:

Q.F.B. ISIDRO HINOJOSA LÓPEZ

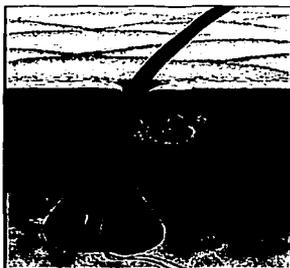
SUSTENTANTE:

DIANA ALEJANDRA BELLO VARGAS

Enero del 2003

**TESIS CON
FALLA DE URGEN**

**IMPORTANCIA CRIMINALÍSTICA DEL ESTUDIO DE
PELOS Y FIBRAS.**



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA DE CONTENIDO.

1. RESUMEN	i
2. INTRODUCCIÓN	ii
3. OBJETIVOS	iii
4. ANTECEDENTES HISTORICOS	1
5. IMPORTANCIA CRIMINALÍSTICA DEL PELO Y LA FIBRA	5
5.1. Análisis de la escena o el lugar de los hechos	
5.1.1. Importancia Criminalística	
6. MORFOLOGÍA CORPORAL DEL PELO	9
6.1. Consideraciones generales	
6.2. Características particulares del pelo	
7. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL PELO	23
7.1. Ciclo de crecimiento del folículo piloso humano	
7.2. Influencia hormonal	
7.3. Importancia toxicológica de la función excretora del pelo	
8. HISTOLOGÍA	30
9. BIOQUÍMICA DEL PELO	32
10. INMUNOPATOLOGÍA	34
11. TRAUMATOLOGÍA	36
12. PELO ANIMAL	41
12.1. Características generales	
12.2. Ciclo de crecimiento del pelo animal	
12.3. Tipos y clases	
12.4. Características estructurales	
12.5. Características de la especie	
13. TÉCNICAS DE ESTUDIO DEL PELO	47

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

G

14. LAS FIBRAS: IMPORTANCIA, CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS.	54
14.1. Clasificación de las fibras textiles	
14.2. Estudio criminalístico de las fibras	
15. CONCLUSIONES	65
16. GLOSARIO DE TÉRMINOS	66
17. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	71

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

H

1. RESUMEN .

El presente trabajo es una breve revisión bibliográfica sobre los indicios biológicos, es decir el material sensible significativo relacionado con los hechos que se investigan, constituyendo el objeto formal del estudio de la criminalística.

Los indicios pueden ser encontrados tanto en el escenario del delito, en el cuerpo de la víctima o del victimario, o en las áreas relacionadas, ya sean próximas o distantes. Su manejo inadecuado conduce a su contaminación deterioro o destrucción, siendo éstas las causas más frecuentes que impiden su examen en el laboratorio.

Con fines prácticos los indicios se han clasificado según su naturaleza en orgánicos e inorgánicos.

El examen forense de los indicios o evidencia física, comprende los siguientes pasos: su reconocimiento en la escena, su recolección, preservación, análisis, la interpretación de los resultados derivados de su examen y, finalmente el reporte de los mismos.

La finalidad del estudio de las evidencias es ayudar en el proceso de investigación del hecho criminal por lo que el resultado(s) emitido(s) por los Laboratorios Forenses es vital en la toma de decisiones del Poder Judicial (Ministerio Público del Fuero Común, Ministerio Público del Fuero Federal y órgano Jurisdiccional correspondiente).

Uno de los indicios más frecuentemente encontrados en el lugar de los hechos son los elementos filamentosos (pelo, cabello, fibra) por lo que su análisis es de vital importancia para la relación víctima-victimario-lugar de los hechos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. INTRODUCCIÓN.

Para la Criminalística los indicios de origen filamentosos (pelos y fibras) son de vital importancia porque mediante su localización, embalaje, etiquetado, preservación y análisis se puede establecer la relación entre víctima-victimario y lugar de los hechos, permitiendo así una evidencia para una mejor procuración de justicia.

Los indicios que podemos encontrar en la escena del delito son: huellas (dermopapilares, de calzado, de dientes, de uñas, de vestidos, de animales, de vehículos, de fractura, etc.), objetos (instrumentos, armas, proyectiles, casquillos, papeles, cuerdas, vestidos, etc.) manchas de sangre, semen, orina, mucus, obstétricas, fecales, etc) y elementos filamentosos (pelos, fibras, polvos, etc.).

El examen forense de los indicios, también denominados evidencia física, comprende los siguientes pasos: su reconocimiento en la escena del crimen, su registro documental con relación a la escena, su recolección y preservación, su análisis, la interpretación de los resultados derivados de su examen y, finalmente, el reporte de los mismos, es decir, la emisión del dictamen.

Es de vital importancia mantener la cadena de custodia, para que el indicio no pierda su valor como prueba pericial. Un manejo inadecuado de los indicios conduce a su contaminación deterioro o destrucción impidiendo su examen posterior.

Los pelos son el indicio que con más frecuencia se encuentra en los diversos hechos criminales, por lo que es motivo de profundos y sofisticados análisis.

Hay muchos factores que afectan la confiabilidad de una asociación del pelo, incluyendo experiencia, el entrenamiento, la conveniencia de los estándares conocidos del pelo, y la eficiencia del equipo.

Aunque la evidencia del pelo es una herramienta valiosa en la identificación humana, es difícil establecer una probabilidad estadística para la asociación particular.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. OBJETIVOS.

A. GENERAL

Realizar un estudio bibliográfico sobre los elementos filamentosos (pelos y fibras) como indicios, desde el punto de vista criminalístico.

B. PARTICULAR

Revisar bibliográficamente las técnicas de recolección, embalaje y preservación en el lugar de los hechos de los elementos filamentosos (pelos y fibras), así como también las técnicas de estudio de los indicios (de pelos y fibras), a fin de establecer su importancia desde el punto de vista criminalístico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. ANTECEDENTES HISTORICOS.

El proverbio ***"la diferencia entre dos cabellos puede decirlo todo"***, serviría como leit-motiv del libro chino ***"Hsi Yuan Lu"*** publicado en 1248, que es el primer testimonio serio de que la Medicina haya sido una ciencia auxiliar del Derecho. Sin embargo, a la Criminalística le ha costado años de arduo trabajo establecerse como una ciencia en la investigación de un hecho criminal, antes de que la investigación de los elementos filamentosos, empezara a adquirir la importancia que merece, y a pesar de ello, aún es largo el camino por recorrer, ya que como decía Lacassagne; ***"la historia suele recordarnos los límites de nuestro conocimiento, cuando nosotros estamos en peligro de olvidarlos"***.

El examen del pelo en la investigación de un delito, se hizo por primera vez, cuando la Duquesa de Praslin fue asesinada en París en 1847. En aquella ocasión, se recogió pelo adherido a la pistola del homicida, pero el examinador se contentó con hacer algunas observaciones generales, acerca de las características del mismo y no trató de aprovecharlo para la identificación.

Fue precisamente Alexandre Lacassagne, profesor de medicina legal en la Universidad de Lyon, quien solía hacer estudios con el pelo de un sospechoso a fin de encontrar indicios útiles para esclarecer los delitos. En algunos años, había realizado al microscopio, innumerables estudios de cabellos y en 1857, publicó "Del examen fisiológico del pelo y de los cabellos", en los Anales de Higiene Pública. Además, había motivado al profesor Hugouenq, químico de la misma Universidad, para que hiciera pruebas con el cabello humano. Esto, más tarde, les proporcionaría una última prueba en la identificación del "cadáver de Miltery"-caso Gouffé⁽¹⁾, en el que no quedaba nada utilizable excepto los huesos y los cabellos.

Los testimonios de familiares y amigos de Gouffé, indicaban que éste tenía el pelo castaño, y los cabellos del muerto eran negros como el betún; no podía ser la misma persona, sin embargo, Lacassagne encontró suficiente pelo en el cepillo que le remitieron, perteneciente al sujeto en cuestión. Para ello, sometió primero a operaciones de lavado ambas muestras, lo que hizo desaparecer el color negro y que surgiera el castaño original.

No obstante, para mayor seguridad, de que ni el pelo de Gouffé ni el del cadáver habían sido teñidos en vida, Hugouenq los analizó químicamente, buscando las sustancias usadas para la fabricación de tintes: cobre, mercurio, plomo, bismuto y plata. Todos los exámenes fueron negativos, por tanto, Lacassagne hubo de admitir que ambas muestras tenían su color original, posteriormente, las sometió al estudio microscópico para determinar su grosor y descubrió, una "coincidencia tan absoluta", que aunada al resultado de las mediciones de los huesos, dio por concluido el asunto, aceptando una identificación positiva.

En 1869, en Alemania, Pfaff indicó en su libro "El pelo humano y su significación fisiológica, patológica y forense", que: "el conocimiento preciso de las características del pelo, es esencial para el médico forense y el detective, ya que dicho elemento podía frecuentemente, suministrar la evidencia más importante para resolver los crímenes"; asimismo detalló conocimientos morfológicos, tales como las diferencias entre pelo humano y el animal que hasta la fecha continúan válidos.

Oesterlen, en un trabajo publicado en Tübingen, en 1874, titulado **"El pelo humano y su significación legal"**, describió las características del bulbo piloso, para determinar si éste cayó de manera natural o fue arrancado por algún mecanismo violento.

Los mejores detectives son la suerte y la oportunidad, según reza una norma clásica y los pioneros en el estudio del pelo la seguían a su modo, ya que dictaminaban si un pelo provenía o no de un sospechoso, únicamente con un examen superficial del color, cutícula, grosor del tallo y de la médula.

Esto fue refutado por el médico y biólogo alemán, Rudolf Virchow, en un artículo publicado en 1879, señalando: **"La apariencia del pelo en estudio era tal, que resultaba inconsistente que hubiera provenido del acusado"**. Pocos años después, en 1888, apareció un "Tratado de Medicina Legal", escrito por el químico Eduard Von Hofmann, quien fuera discípulo de Liebig.

El inicio de la época de la investigación criminalística lo marca Hans Gross en 1893, a partir de esta fecha, los estudiosos poco a poco mostraron mayor interés hacia el pelo y las fibras, como evidencias de los delitos cometidos y en 1898, Eduard Schiff, especialista en enfermedades cutáneas, observó que muchas veces, había arsénico en el pelo humano, recomendado entonces, que en los casos de envenenamiento no se prescindiera jamás de un examen de los cabellos.

Hasse proporcionó el primer dictamen del que se tiene constancia en materia de comparación de pelos en 1902; y en 1908, a fin de aclarar un hecho delictivo, George Popp, químico de Frankfurt, logró detectar la presencia de fibras de algodón en el barro de la suela de un sospechoso, posteriormente, identificó la falda de la occisa Margaret Filbert, como el origen de las mismas. Sin lugar a dudas, Popp fue el precursor de una nueva etapa en la Investigación Criminalística, al aplicar algunas técnicas analíticas de la Química, al estudio de los pequeños indicios.

Lentamente se iban aclarando incógnitas, pero simultáneamente, surgían nuevas interrogantes; los investigadores dedicados parcial o totalmente al estudio de los elementos filamentosos, se enfrentaban a tribunales escépticos e incrédulos, respecto a los resultados que la ciencia ofrecía, de manera que, estos científicos pasaban largas horas en sus laboratorios, intentando demostrar la veracidad y validez de su trabajo, pretendiendo arrancarle a un objeto inanimado, todos sus secretos.

Victor Balthazard, fundador del "Instituto de Medicina Legal y Policía Técnica", también pasó por esto; e impulsado por el homicidio de Germaine Bichon acaecido en París en 1909, se avocó al examen exhaustivo del pelo como indicio de valor médico forense, culminando su trabajo en 1910, con la publicación del tratado "El pelo del hombre y de los animales", el cual fue escrito en colaboración de su ayudante Marcelle Lambert.

La difícil visualización de la forma y distribución de las células cuticulares mediante la observación directa del pelo, fue un problema que atrajo la atención del investigador alemán Schröder, a quien en 1930 se le ocurrió utilizar una placa de gelatina con el objeto de obtener un molde de la superficie externa del tallo piloso. Siete años después, la técnica fue modificada por Alan Moritz, en los Estados Unidos, sustituyendo la placa de gelatina por barniz de uñas extendido sobre un portaobjetos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Desde los días de Lacassagne, muchos forenses se esforzaban por resolver el problema de distinguir pelos, facilitar la identificación por medio de los mismos y sobre todo, de solucionar definitivamente todo lo referente a la comparación; para lo cual, existían numerosas posibilidades de análisis microscópicos y químicos.

Jhon con el objeto de poder utilizar dicho patrón, encontró que lavar previamente el cabello con ácido clorhídrico, alcohol y cetona, para excluir la posibilidad de que existiera arsénico procedente del exterior. Por otra parte, en 1933-1934 Sydney Smith, profesor de Edimburgo, descubrió un hecho que ha sido catalogado como curioso: el pelo introducido en soluciones con pequeñas dosis de arsénico, parecía capaz de movilizar y asimilar tanto veneno, que su contenido acababa por ser superior al del líquido circundante. Estas experiencias contradecían a los experimentos efectuados miles y miles de veces, por lo que los científicos de la época los consideraron como una "excepción a la regla".

En 1934, aún no se resolvía el problema de por qué en la cabeza de una persona hay pelos de estructura tan distinta; lo que sí se podía distinguir era el pelo humano del animal, y el de los adultos de los niños. Además, era posible una identificación relativamente segura, cuando el pelo de una persona presentaba características especiales o era tratado químicamente.

La ondulación del mismo, conducía por ejemplo, a una torsión en espiral, que podía ser importante en la identificación de mujeres, y fueron precisamente estos conocimientos los que ayudaron a Smith y Glaister a resolver el caso de la niña Helen Priestly, encontrada muerta, metida en un saco. Se sospechaba que la homicida era Jeannie Donald, por lo que se obtuvieron muestras de cabello de ambas y se examinaron. En sus memorias Sydney Smith se refería a los indicios hallados en el saco: "... los pelos humanos no eran de la niña, eran más gruesos, tenían otro color, un contorno claramente distinto y unas torsiones muy visibles, debidas a una burda ondulación. Coincidían hasta en sus menores detalles, con los de la Sra. Donald. También se analizaron los trapos y el material de limpieza, que se componen casi siempre de fibras comunes (lana, algodón, yute, etc.) de diferentes colores, a las que se pegan elementos filiformes de alfombras o ropa.

Se comparan con las fibras del saco y con las recolectadas en otras casas, en cuanto a su longitud, anchura, forma, estructura de las células, color y composición de los tintes. Resultó que en total, 25 fibras distintas de las encontradas en el domicilio de los Glaister, se había ocupado muchos años de la investigación forense del cabello y en 1931, publicó un amplio trabajo sobre dicho tema.

Decía Bossuet: "El mayor desarreglo del espíritu es creer las cosas tal como se quiere que sean, y no porque se haya visto que así son en efecto". Pero no sólo era necesario ver, sino también medir. Así pues entre errores y aciertos, los investigadores se vieron obligados, empleando sus conocimientos y su imaginación, a descubrir elementos que se encontraban en el pelo por alguna razón y a cuantificarlos. También en este sentido había progresos científicos.

Se sabía que el arsénico existía realmente y no sólo en los huesos, lo había en la sangre, cerebro, corazón, pulmones, hígado, bazo y leche materna, en los cabellos y en las uñas de cualquier ser humano, aunque jamás se hubiese tenido un contacto con dicho elemento, materias o medicamentos arsenosos. Sin embargo, estas cantidades naturales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

eran tan pequeñas, que no podían expresarse en las unidades de peso alcanzadas por las básculas de los tiempos de Orfila⁽¹⁾

Posteriormente, cuando se pudo cuantificar la dosis de arsénico existente en los cabellos de personas envenenadas o fallecidas en circunstancias sospechosas, se observó que cuando se ingería una dosis excesiva del citado elemento, éste podía encontrarse en las raíces de los cabellos a los cinco días. El hecho en que en innumerables experimentos, los animales utilizados conservaran la dosis del tóxico en los pelos durante bastante tiempo, permitió determinar cuantitativamente las distintas dosis localizadas en diferentes sectores capilares, lo que hizo suponer que el cabello constituía una especie de escala para medir las cantidades de veneno ingeridas.

En 1938 se publicó un libro llamado **"Atlas del pelo humano y animal"**, cuyo autor fue Theodor Lochte, quien además ideó un método para eliminar el aire de la médula del pelo.

A partir del año de 1950, los elementos filamentosos fueron estudiados con mayor ahínco. Los trabajos de Smith en el campo de las fibras, fueron continuados por el Dr. Max Frei-Sulzer, de la Universidad de Zurich, quien reconoció la importancia y utilidad del microscopio completado con diferentes sistemas de iluminación como son: contraste de fases, campo oscuro, polarización y fluorescencia, aplicados al examen de los pequeños indicios. Asimismo, se preocupó por desarrollar varias técnicas para recolectar las fibras en el lugar de los hechos, empleando para ello una cinta adhesiva con un pegamento químicamente inerte y por último, destinó la cromatografía en papel para el estudio de los tintes.

La evolución de la industria textil, al trabajar no sólo fibras de origen animal o vegetal, sino también sintéticas, utiliza nuevos tintes y colorantes, trajo como consecuencia el desarrollo de técnicas y métodos cada vez más sofisticados como son: espectrofotometría de infrarrojo, cromatografía de gases, cromatografía en placa fina, en papel y en columna, rastreo con luz de angulación corta; los cuales se han ido modificando de acuerdo a las necesidades de los laboratorios y a los avances tecnológicos.

Por su parte, la investigación criminalística del pelo tuvo un nuevo giro cuando Henri Griffon introdujo en 1951, el análisis por activación de neutrones (AAN). Este nuevo enfoque fue estudiado en Canadá por Robert Jervis y Alma Crowder, quienes concluyeron que en el pelo existían numerosos elementos químicos en concentraciones mínimas que podían ser identificados y cuantificados por el análisis por activación de neutrones. Además, establecieron la hipótesis de que con fundamento en el tipo, número y cantidad de elementos presentes en dos muestras de pelo, una de origen desconocido y otra de procedencia conocida, se podía establecer entre ambas una correspondencia y por lo tanto, identificar en un momento dado, a un sujeto. Sin embargo, en 1965, Jervis y Perkon tuvieron que reconocer las limitaciones del nuevo método analítico, ya que no es comparable el estudio de sustancias inorgánicas "estables" con el de compuestos orgánicos "vivos".

Sería imposible mencionar todas las investigaciones que se han realizado sobre el tema en cuestión; como mención en un principio, la historia de los elementos filamentosos ha sido larga, difícil y aún queda mucho por hacer, por lo que este campo de estudio, se debe incluir como un eslabón al servicio de esa totalidad que es la Criminalística.

TESIS CON
FALLA DE CARGEN

5. IMPORTANCIA CRIMINALÍSTICA DEL PELO Y LA FIBRA.

El examen de los elementos filamentosos (pelo, cabello, vello y fibras), es un detalle importante de la Criminalística, ya que se adhieren fácilmente a superficies fibrosas o lisas, sobre todo cuando éstas contienen algún tipo de pegamento.

Los elementos filamentosos pueden encontrarse en diversos lugares o cosas, que de afuera hacia adentro serían: puertas, ventanas, paredes, cortinas, sillones, camas, sábanas, enseres de baño y ropa, entre otros; los cuales en ocasiones, están acompañados de diversas adherencias como: pintura, harina, arsénico, grasa, lodo, vidrios, o fluidos biológico (sangre o semen), lo que nos estaría indicando por un lado, la actividad del poseedor; dónde se encontraba en el momento del ilícito; y por el otro, la individualización del sujeto activo o la confirmación del pasivo.

5.1. Análisis en la escena o el lugar de los hechos.

La búsqueda exhaustiva de pelos y fibras en el lugar de los hechos dependerá de los recursos humanos y materiales con que se cuente, asignando la responsabilidad total de la investigación a una sola persona, quien coordinará las actividades, de cada uno de los expertos en criminalística, que intervengan. *Dicho análisis debe efectuarse de la siguiente manera:*

Primero, se lleva a cabo una observación general, metódica y sistemática, para lo cual es necesario tener entrenamiento previo.

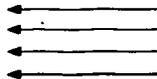
Después de la primera apreciación, deben recopilarse todos los datos por medio de la fotografía, esquematización y efectuando las mediciones pertinentes.

Antes de iniciar la búsqueda, se debe planear y tener una valoración del lugar de los hechos a través de la observación.

Existen diferentes métodos de búsqueda que deben de ajustarse a cada caso en particular, siendo los más comunes los siguientes:

Criba. El método de criba se emplea, cuando se requiere cubrir grandes áreas y se cuenta con bastantes personas para realizarla, el área de búsqueda se delimita dándole la forma geométrica de un cuadrado o rectángulo, procediendo a iniciar la búsqueda en uno de sus extremos.

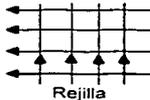
Franjas. Es similar al de criba y sólo se usa si el área de búsqueda es sumamente amplia; siendo el tamaño de recorrido de 80 a 100 centímetros, que es lo que se alcanza la vista.



Franjas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Zonas. El método de zonas consiste en dividir el área en pequeños cuadrados, rectángulos o sectores, es adecuado en lugares cerrados, como una habitación, que puede ser dividida en sectores: piso, paredes y techo, efectuando la revisión en el orden indicado; este método no da buenos resultados en exteriores, se sugiere combinarlo con otros métodos.



Espiral. En el de espiral, el criminalista parte del centro de la escena, moviéndose en forma circular; recomendándose para lugares pequeños e interiores, siendo el tamaño del recorrido de 80 a 100 centímetros, el cual se delimita por el mobiliario.



Enlace. La técnica de enlace, debe ser empleada cuando el ilícito incluye varias habitaciones, lugares o construcciones y tiene un alto valor cuando el criminalista pretende efectuar la reconstrucción del hecho.

Estrella. El método de estrella, consiste en ubicarse en el centro de la escena, e iniciar la búsqueda formando radios imaginarios hacia los límites del lugar; se usa en incendios, así como en lugares cerrados pequeños y se aplica de acuerdo al tipo de delito que se esté investigando.

Al iniciar la búsqueda dentro de la investigación criminalística, se debe tener en cuenta:

El Propósito: Consiste en establecer el acuerdo del delito, el *modus operandi* y la identidad del perpetrador.

El Proceso: Desarrollar la investigación en forma sistematizada y nunca por intuición.

El Indicio: Es el objetivo principal al efectuar una búsqueda en el lugar de los hechos.

Una vez localizado el pelo y/o fibra, se procede a su fijación mediante la descripción fotográfica y croquis, detallando la ubicación exacta del mismo.

Para la recolección en las ropas, se usará un cepillo y a los detenidos se les desvestirá de pie sobre grandes hojas de papel, con el objeto de detectar cualquier indicio. No es aconsejable el uso de cinta adhesiva, ya que daña los elementos pilosos o fibrosos; las pinzas con que se tomen las muestras, deberán protegerse con tubos de hule.

El embalaje se efectuará en bolsas de plástico o en sobres que son contenedores adecuados, pues eliminan el riesgo de contaminación, además de ser de bajo costo. Las diferentes muestras serán embaladas por separado y debidamente etiquetadas; posteriormente, serán enviadas al laboratorio donde se estudiarán y se emitirá el dictamen correspondiente.

5.1.1. Importancia Criminalística.

El estudio y análisis de los pelos e hilos arrancados o dejados en el lugar de los hechos es fundamental para la investigación y en especial para la averiguación previa, ya que puede proporcionarnos una valiosa información para la detención del presunto responsable o en su caso, la identificación de un cadáver; además indica:

- La presencia de un individuo en el lugar de los hechos. En forma constante, cuando no existe un agente externo, hay caída natural de cabello, de ahí que su transferencia a objetos cercanos sea factible (transferencia activa); otra, de índole pasivo, se debe a la capacidad de adsorción, que permite mantener los olores, siendo posible identificar: Perfumes, cosméticos, medicamentos, combustibles, fumigantes, insecticidas, gases y humos del medio ambiente.

- Utilización de armas y herramientas. Aquellas empleadas para lesionar a una persona: en armas de fuego (entre el cañón y el carro del arma), en el lazo (suspensión o ahorcamiento), o en agentes contundentes (martillo, cincel, etc.)

- Contacto entre dos o más individuos. Se observa en la lucha que precede al homicidio o violación ya que, la víctima al tratar de defenderse tiene la posibilidad de sujetarse de los cabellos, barbas, bigote o ropa, que una vez examinados pueden facilitar la identidad del agresor.

Específicamente en los delitos de índole sexual, deben buscarse elementos filamentosos en cuerpo, ropa interior de la víctima o del victimario, manos, vestidos, ropa de cama, toallas, peines, cepillos, sombreros, guardarropa, canastos y lugares destinados a la higiene.

- Contacto con y entre vehículos. En casos de rapto se revisan respaldos, asientos, vestiduras y cajueta; en los hechos de tránsito: la parte exterior de la cabina, suspensión, chasis y molduras.

El examen sistemático de las fibras, permite la exclusión de un origen determinado y sólo por excepción, una fibra hace posible la identificación individual, lo mismo acontece con el pelo. Los pelos y las fibras, como componentes de la escena de un acto antisocial, deberán ser analizados en su profundidad, teniendo en mente que forman parte de un "todo", por lo que al encontrarlos se procederá a examinarlos y determinar el posible sitio de arrancamiento, confirmando su precedencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como ha quedado establecido, los objetivos inmediatos de la Criminalística son: establecer la identidad del autor o autores del hecho que se investiga y de los instrumentos que en su producción se utilizaron. Para lograrlo se aplica la técnica del cotejo, que consiste en confrontar una cosa con otra; esto es válido por el principio de correspondencia, según el cual, siempre que se encuentre una correlación entre las mismas, podremos deducir que los elementos proceden de la misma persona u objetos.

Al examinar uno o varios de estos elementos, es necesario tener en cuenta cuestiones fundamentales que deben señalarse: **¿Es animal o humano?; si es este último, ¿Es hombre o mujer?; ¿Qué edad posible tiene? y ¿A qué región del cuerpo pertenece?.**

En caso de existencia de varios indicios sujetos a estudio, la pregunta clave será; ¿los filamentosos pertenecen a una misma persona o provienen de varias? Para llegar a una conclusión se utilizaba la tabla propuesta por Oesterlen y publicada por Balthazard en su libro "Medicina Legal", misma que hasta la fecha es de utilidad y se basa en la medida obtenida del grosor del pelo. La clasificación tiene la virtud de ser la única y aplicable a varios núcleos de población, pero adolece de una fragmentación mayor, dejando amplio margen en cuanto a los diferentes grupos de edad, debido a que en un estudio efectuado, se demostró que existe un incremento en el grosor del pelo conforme avanza la edad. La tendencia es más importante en los primeros años de vida; a pesar de ello, se encontró que después de los 10 años no es posible precisar por medio de estas medidas la edad del sujeto.

Si bien hasta hace poco tiempo, la longitud total del pelo aunada al uso de tintes, era de valor para determinar el sexo de los propietarios, aportando resultados de alta confiabilidad, la evolución de la sociedad, la implantación de diversas modas y la libertad en su más alta expresión, han dado como consecuencia, que tales elementos hayan dejado de tener el valor criminalístico de antaño.

En términos generales, se ha reconocido que el pelo de la mujer es de menor grosor que el del hombre y que nunca es mayor de 90 micras en su diámetro total o mayor de 0.2 en su índice medular.

Analizados a la luz de la estadística, se observaron que existe diferencia hasta los 20 años; en edades tardías para ambos sexos, no se encuentran diferencias significativas. Esto mismo sucede al analizar las diversas regiones corporales, en donde existen grosos parecidos, como son, pestañas, pubis y piernas (tablas 6.3, 6.9, y 6.10) en las que tomando como relación la desviación estándar, por ende hacen el diagnóstico difícil, en cambio en ceja y brazo se encontraron grandes diferencias ceja y brazo (tablas 6.2 y 6.8).

Lo anterior, llama la atención para que el estudioso de la criminalística con el deseo innato del investigador, efectúe estudios en una población seleccionada y con rangos determinados, para confirmar o definitivamente descartar el estudio micrométrico, como parámetro de valor para contestar las interrogantes iniciales; mientras tanto, los datos que aquí se señalan y las características que se obtienen en una población urbana, deberán tomarse con reserva.

6. MORFOLOGÍA CORPORAL DEL PELO.

6.1. Consideraciones Generales

La estructura íntima del pelo presenta una morfología compleja que constituye un medio importante de caracterización. Está compuesta por tres porciones; cutícula, corteza y médula, cada una con diferentes peculiaridades histológicas pero con la particularidad de que todas ellas tienen un alto contenido de queratinas, las cuales les proporcionan gran dureza y resistencia (figura 6.1).

MORFOLOGÍA MICROSCÓPICA DEL PELO

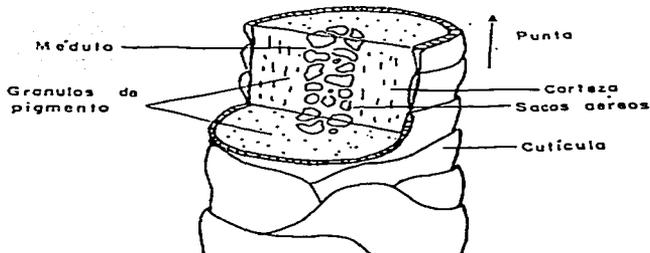


Figura 6.1. Morfología microscópica del pelo

La cutícula.

Es la porción más externa y se halla constituida por una sola capa de células planas, cornificadas traslúcidas, sin núcleo y sin pigmento.

Estas células presentan un extremo libre y otro enterrado por abajo del extremo libre de la célula vecina que la antecede; disposición que proporciona una imagen de tejas imbricadas, con un extremo libre y otro oculto. El extremo libre se dirige siempre hacia la punta del pelo y esto facilita al observador para determinar, en fragmentos de pelos, cuál extremo corresponde al proximal (raíz) o al distal (punta). Tal disposición se pone de manifiesto también al tomar un pelo entre el dedo pulgar y el índice, y frotar ambos dedos en sentido lateral: el pelo se aleja hacia el extremo correspondiente al bulbo.

La prominencia que las células cuticulares producen sobre la superficie, le otorga al pelo la fuerte adherencia que muestra frente a la mayoría de los materiales no pulidos y permite que las escamas cuticulares se traben con las células de las vainas, las cuales presentan una disposición semejante pero con dirección inversa (hacia el folículo), contribuyendo de esta manera a la gran resistencia que ofrece el pelo a su extracción del folículo.

Porción media o corteza.

Es la región que se encuentra inmediatamente por debajo de la cutícula y proporciona al pelo humano la mayor parte de su grosor, más del 60 %. En el pelo de origen animal aparece como un cilindro hueco delgado que rodea una médula o porción central amplia. Está formada por células nucleadas, elongadas en forma de huso, dispuestas paralelamente al eje longitudinal y fuertemente adheridas entre sí por cemento intercelular. En su interior se encuentran haces de fibrillas de queratina y granos de un pigmento llamado melanina.

Las fibrillas de queratina son más abundantes conforme las células se alejan del bulbo; situación que condiciona una reducción progresiva del espacio en que se alojan el núcleo y otros orgánulos celulares. El pigmento presenta diversos patrones de distribución en función de la especie, la raza y la edad. Por ejemplo, en el humano los granos son pequeños y están distribuidos regularmente en las células de la corteza y de la médula; en el pelo animal los gránulos son más grandes, la distribución es irregular y predominan en la médula.

En la corteza de los pelos de color claro se pueden encontrar vacuolas aéreas fusiformes intercelulares, llamadas husos corticales. Al microscopio se observan como cuerpos oscuros. En los niños son más abundantes y en el adulto se presentan predominantemente en las inmediaciones de la raíz.

Porción medular.

Constituye la parte central del pelo pero no todos los pelos la presentan. Están compuestas por células poliédricas arregladas en columnas que forman un retículo en el que se encuentran incluidos grandes espacios aéreos. También intracelularmente existen vesículas aéreas. La presencia del gas hace que al ser observado el pelo mediante transluminación, la médula aparezca como un cilindro oscuro de límites ondulados; si se emplea la luz reflejada, el pelo tiene una apariencia brillante debida a la reflexión de la luz por el aire contenido dentro de la médula.

Los espacios aéreos medulares pueden ser llenados con glicerina o con cualquier otro medio líquido; de esta manera puede examinarse la estructura de esta región mediante transluminación.

Cuando la médula está presente, puede mostrar tres tipos de disposición:

- a) Continua a todo lo largo del tallo;
- b) Discontinua en el caso de que presente breves interrupciones, y
- c) Fragmentada cuando está constituida por pequeños fragmentos separados por amplias brechas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

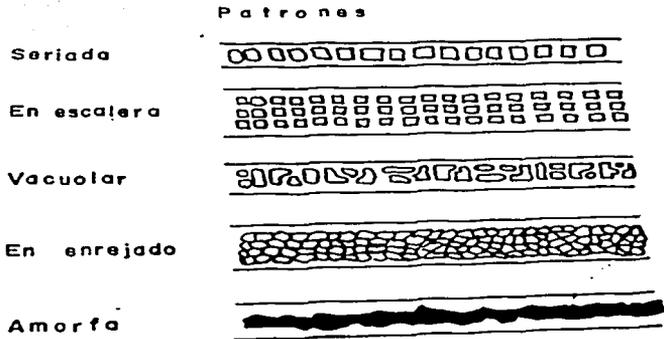


Figura 6.2. Diferentes patrones de médula

Tallo del pelo.

La parte principal de la fibra bien queratinizada, es la corteza, la cual está constituida por células de forma alargada, interdigitantes, agrupadas estrechamente y cuyo eje, es paralelo a la del pelo. Cubriéndola, está la cutícula, compuesta por 6 a 8 capas de células aplanadas que se sobreponen, una sobre otra, de la raíz a la punta. En el hombre un tercer componente puede presentarse en el pelo terminal, y es la médula central; ésta consiste de células especializadas, que contienen espacios aéreos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La estructura microscópica básica del pelo es la siguiente:

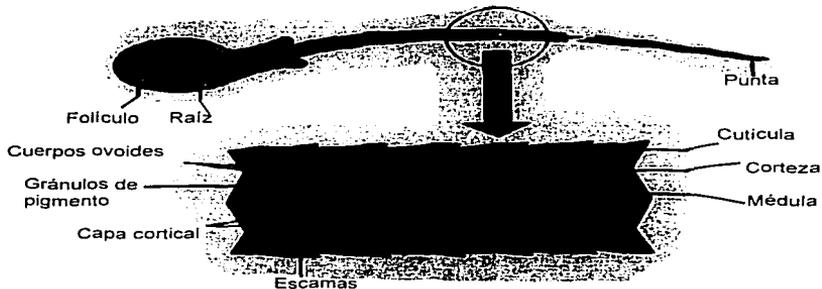


Figura 6.3. Estructura microscópica del cabello.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 6.1. Características generales de los pelos de la cabeza en el hombre y la mujer.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS FEMENINAS	CARÁCTERÍSTICAS MASCULINAS
Longitud	Variable	Variable
Forma	Variable	Variable
Punta	Filamentosa	Cónica
Médula	Presente. Continua generalmente.	Presente. Continua generalmente.
Diámetro total	82.20 μm D.E. \pm 10.50	81.22 μm D.E. \pm 14.90
Diámetro medular	15.60 μm D.E. \pm 3.41	14.66 μm D.E. \pm 4.22
Índice medular	0.19.	0.18
Observaciones	La longitud va de acuerdo al capricho del poseedor. La cutícula presenta alteraciones estructurales por daño mecánico, por el cepillado, o la utilización de aditamentos tales como tenazas, rizadoros y peinetas.	La longitud va de acuerdo al capricho del poseedor.

Tabla 6.2. Características generales de las cejas en hombres y mujeres.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS FEMENINAS	CARÁCTERÍSTICAS MASCULINAS
Longitud	9.8 mm. D.E. \pm 2.0	9.2 mm. D.E. \pm 2.0
Forma	Ondulado	Ligeramente ondulado
Punta	Filamentosa	Filamentosa
Médula	Continua	Continua
Diámetro total	123.00 μ m D.E. \pm 40.80	89.70 μ m D.E. \pm 26.70
Diámetro medular	45.30 μ m D.E. \pm 8.10	26.90 μ m D.E. \pm 8.20
Índice medular	0.36	0.29
Observaciones	Adherencias por la utilización de cosméticos.	Inespecíficas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 6.3. Características generales de las pestañas en hombres y mujeres.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS FEMENINAS	CARACTERÍSTICAS MASCULINAS
Longitud	10.0 mm. D.E. \pm 2.10	12.2 mm. D.E. \pm 0.40
Forma	Curva	Ligeramente curva
Punta	Filamentosa	Filamentosa
Médula	Continua	Continua
Diámetro total	110.00 μ m D.E. \pm 20.70	106.80 μ m D.E. \pm 18.90
Diámetro medular	41.4 μ m D.E. \pm 2.4	28.8 μ m D.E. \pm 3.48
Índice medular	0.37	0.26
Observaciones	Adherencias por la utilización de cosméticos, pueden presentar daño mecánico por la utilización de elementos para producir mayor curvatura.	Inespecíficas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 6.4. Características generales del pelo del bigote en el hombre.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
Longitud	15.4 mm D.E. ± 4.60
Forma	Ondulada
Punta	Variable (recta, bisel, filamentosa)
Médula	Presente. Discontinua.
Diámetro total	151.90 μm D.E. ± 31.20
Diámetro medular	52.0 μm D.E. ± 17.48
Índice medular	0.34
Observaciones	La longitud dependerá de varios factores.

Tabla 6.5. Características generales del pelo de la barba en el hombre.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
Longitud	24.5 mm D.E. ± 17.48
Forma	Ondulada, crespá
Punta	Cónica, filamentosá o bisel
Médula	Presente, sin características especiales.
Diámetro total	162.30 µm D.E. ± 21.90
Diámetro medular	43.8 µm D.E. ± 7.20
Índice medular	0.26
Observaciones	La longitud, como la forma de la punta, son variables y dependen del poseedor.

Tabla 6.6. Características generales del pelo del pecho masculino.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
Longitud	31.00 mm D.E. ± 4.80
Forma	Curva o rizada
Punta	Filamentosá
Médula	Presente, tendencia a ser fragmentada o discontinua.
Diámetro total	117.71 µm D.E. ± 21.40
Diámetro medular	31.00 µm D.E. ± 4.50
Índice medular	0.26
Observaciones	No específicas.

Tabla 6.7. Características generales del pelo de las axilas en el hombre y la mujer.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS FEMENINAS	CARACTERÍSTICAS MASCULINAS
Longitud		24.00 mm D.E. ± 8.15.
Forma		Rizada
Punta		Filamentosa
Médula		Presente, discontinua
Diámetro total		81.45 µm D.E. ± 16.00
Diámetro medular		20.00 µm D.E. ± 7.00
Índice medular		0.24
Observaciones	* Generalmente ausente por rasurado.	Presencia de torceduras, punta filamentosa y alargada.

Tabla 6.8. Características generales del vello de los brazos en el hombre y la mujer.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS FEMENINAS	CARACTERÍSTICAS MASCULINAS
Longitud	15.7 mm D.E. ± 5.3	21 mm D.E. ± 3.6
Forma	Ligeramente curva, delgadas y suave al tacto.	Ligeramente curva, delgadas y suave al tacto.
Punta	Filamentosa	Filamentosa
Médula	Presente, infrecuente.	Presente, discontinua y granular.
Diámetro total	39.60 µm D.E. ± 10.20	86.40 µm D.E. ± 9.90
Diámetro medular	5.30 µm D.E. ± 1.30	19.10 µm D.E. ± 4.30
Índice medular	0.13	0.22
Observaciones	No específicas	No específicas

Tabla 6.9. Características generales del pelo púbico en el hombre y la mujer.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS FEMENINAS	CARACTERÍSTICAS MASCULINAS
Longitud	6.4 cm D.E. \pm 2.3	15.7 mm D.E. \pm 5.3
Forma	Ensortijada, rizada	Ensortijada, rizada
Punta	Filamentosa e irregular	Filamentosa e irregular
Médula	Continua	Continua
Diámetro total	118.20 μ m D.E. \pm 6.16	125.74 μ m D.E. \pm 5.37
Diámetro medular	25.20 μ m D.E. \pm 6.18	30.40 μ m D.E. \pm 5.37
Índice medular	0.21	0.24
Observaciones	No específicas, ondulaciones por desgaste y múltiples torceduras.	No específicas, ondulaciones por desgaste y múltiples torceduras.

Tabla 6.10. Características generales del pelo de las piernas en el hombre y la mujer.

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS FEMENINAS	CARACTERÍSTICAS MASCULINAS
Longitud	Variable	28.00 mm D.E. \pm 3.6
Forma	Ligeramente curva	Ligeramente curva
Punta	Variable	Fina, larga y filamentosa.
Médula	Presente con tendencia discontinua	Presente con tendencia discontinua
Diámetro total	97.30 μ m D.E. \pm 10.50	79.50 μ m D.E. \pm 15.90
Diámetro medular	18.60 μ m D.E. \pm 2.60	13.80 μ m D.E. \pm 2.40
Índice medular	0.19	0.15
Observaciones	Debido a cortes continuos se pueden observar diversos tamaños y formas de punta.	Ninguna

6.2 Características particulares del pelo.

La primera etapa de la investigación forense de pelo humano en la escena del crimen es identificar la especie, origen racial, y localización en el cuerpo. Una comparación directa o una asociación con otros tipos de pelos debe realizarse siempre para excluir.

Especie.

Los pelos humanos pueden ser fácilmente distinguidos de otros pelos animales. La superficie cuticular del pelo generalmente es pequeña y los márgenes son irregulares formando un mosaico. Las escamas que son imbricadas a manera de teja. Muchos pelos animales presentan una cutícula muy gruesa. La medula del pelo humano es amorfa en apariencia y ocupa aproximadamente menos de la mitad del tallo del cabello. La medula de muchos animales en cambio ocupa casi todo el ancho del tallo del pelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Raza.

El color del cabello, la abundancia, y la configuración del pelo, así como la configuración espacial son características determinantes para identificar el tipo de raza al que pertenece el pelo. La configuración espacial es el aspecto más importante para determinar el origen del pelo.⁽²⁾

Para esto se ha dividido en tres grupos raciales: **Caucásicos, mongoloídes, y negroídes** (figura 6.4). El grupo caucásico incluye **americanos, europeos, mexicanos**. El grupo negroide incluye a **todas las personas de color negro**. El grupo mongoloide lo comprenden los **orientales y los hindúes**.

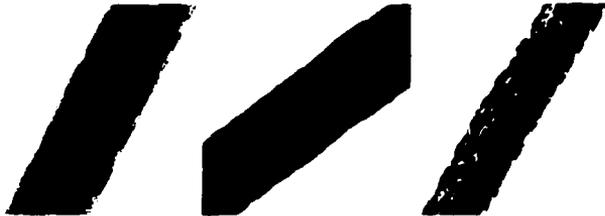


Figura 6.4. Pelo caucásico o europeo, pelo mongoloide o asiático y pelo negroide o africano.

En la siguiente tabla se resumen las características representativas para diferenciar a cada grupo:

Tabla 6.11. Características raciales del pelo.

RAZA	DIÁMETRO	CORTE TRANSVERSAL	PIGMENTACIÓN	CUTÍCULA	ONDULACIÓN
Negroide	60-90 μ m	Plano	Negra	Muy delgada	Siempre
Caucásica	70-100 μ m	Oval	Uniforme	Media	No común
Mongoloide	90-120 μ m	Circular	Castaño	Delgada	Nunca

Origen somático.

En ocasiones la región del cuerpo de la cual proviene el pelo puede ser determinada. El pelo de la cabeza puede ser comparado con ejemplares del pelo provenientes de la misma región, es decir, no se puede comparar con el pelo del pubis o del brazo⁽²⁾.

Tabla 6.12. Características del cabello conforme a su procedencia.

□ Cráneo:	□ cabello de la cabeza, 100-1000 mm de longitud, 25-125 μ m de diámetro, 0.4 mm de crecimiento diario, raíz pequeña, variación de diámetro pequeña, tipo de medulación diversa, puede ser artificialmente tratado.
□ Púbico:	□ Área púbica, 10-60 mm de longitud, diámetro variable, enroscado o presenta enrollamiento, curvado o en espiral.

Otras características del pelo de la cabeza son:

- ◆ **Color:** Blanco, café (diferentes tonos), negro, rojo, castaño, gris.
- ◆ **Reflectividad:** Opaco, translúcido, transparente.
- ◆ **Configuración espacial:** Ondulado, curvado, liso, sinuoso.
- ◆ **Sección transversal:** Poligonal, redondo, circular, ovalada.
- ◆ **Pigmento:** Ausente, granular, multicolor, denso, opaco.
- ◆ **Médula:** Ausente, continua, fraccionada, globular, irregular, doble, celular.
- ◆ **Tratamiento cosmético:** Teñido, decolorado, enrizado.
- ◆ **Cutícula:** Cerrada, rota, ausente, reseca.

7. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL PELO

El pelo no desarrolla ninguna función vital en los humanos, por lo que el cuerpo puede ser totalmente depilado sin ninguna desventaja fisiológica; al mismo tiempo, sus funciones biológicas son inestables ya que el pelo de la cabeza es la característica social más importante y exhibe el sexo, coronando la gloria de la femineidad para la mujer y un profundo asiento del arcaico símbolo de masculinidad para el hombre. Así como la pérdida del mismo es un desastre para la mujer, un exceso puede ser igualmente preocupante.

La historia de la evolución del pelo es confusa; nace posiblemente como parte de unidades mecana receptoras entre las escamas de algunos reptiles antiguos. Los folículos pilosos son órganos sensoriales, pero su mayor función en los mamíferos de sangre caliente, es el aislamiento térmico. El hombre ha desarrollado un sistema más eficiente de conservar el calor, por lo que el pelo permanece sólo en la cabeza, como una característica de masculinidad, y sobre áreas de unión, casi son certeza como parte de un aparato de dissemination del olor, relacionado con una comunicación social o sexual; con todo, los folículos pilosos en su totalidad, retienen un remanente evolutivo de la actividad cíclica biológica, la cual permitía a algún mamífero ancestral cambiar de pelaje.

La primera generación de pelo en el hombre se denomina *lanugo*, tiene una distribución similar en toda la superficie del cuerpo y por lo general, completa su crecimiento antes del nacimiento.

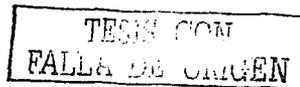
En la vida extrauterina, el pelo se distribuye principalmente en la cabeza, piel cabelluda, cejas, pestañas (*en donde es más corto y delgado*) y a partir de la pubertad, aparece en axilas, área genital y en el varón, también en la cara y en el tronco; el pelo de las extremidades también se hace más grueso y abundante desde esta edad, sobre todo en el sexo masculino por estímulo de la testosterona, hormona que también tiene influencia en la pérdida del pelo de la cabeza. Al pelo fino que se encuentra normalmente sobre casi toda la superficie cutánea, se le denomina vello; en las palmas de las manos y las plantas de los pies no existe.

Anatómicamente hay tres tipos principales del pelo; lacio o recto, ondulado y espiral; la variación en cantidad y tipo depende de factores raciales; la morfología está relacionada con el contenido de hidroxiprolina que contenga la molécula de queratina. El folículo piloso de la piel cabelluda, de la barba y de las regiones genitales se extiende hasta la hipodermis, mientras que en otras zonas, en donde es más fino, su extensión es a diferentes niveles de la dermis.

7.1. Ciclo de crecimiento del folículo piloso humano

Desde que el folículo se origina, está sometido a ciclos repetidos de crecimiento y reposo. La duración relativa de las fases del ciclo, varía con la edad del individuo, la región del cuerpo y puede ser modificada por una serie de factores, tanto de tipo fisiológico como patológico.⁽³⁾

El crecimiento del pelo se divide en tres fases. *La fase anágena*, en la cual el folículo esta activamente produciendo cabello. *En la fase telógena*, el folículo esta en estado de



espera, y en **la fase catágena**, se encuentra un periodo de transición entre la fase anágena y telógena.⁽²⁾

Durante la fase anágena, las células se encuentran en estado mitótico dentro y alrededor de la papila dérmica del folículo de crecimiento y se empieza a formar la medula, la corteza, la cutícula y el tallo de crecimiento del cabello. Cuando estas células de la medula corteza y cutícula están completamente queratinizado ellas forman su propio pelo.

En la fase catágena los melanocitos en el folículo se contraen, cesa la producción de estos y se distribuyen los gránulos del pigmento. Las células en la parte superior del bulbo continúan su movimiento hacia la parte superior del bulbo continuando su movimiento hacia arriba y diferenciándose dentro del cabello.

Cuando en las células que rodean al bulbo se da por terminada la fase, comienza la siguiente que es la catágena. En esta fase el cabello solo está sostenido por las células que rodean el folículo, por lo que es fácil de remover. Normalmente si un cabello se extrae o se cae inmediatamente es repuesto por otro cuando el folículo empieza nuevamente con la fase anágena.

Las fases evolutivas por las que transcurre un folículo son:

A) Anágena o de crecimiento.

Se inicia cuando el pelo emerge de la superficie cutánea y está caracterizada por rápido crecimiento en sentido longitudinal. En el recién nacido, la duración de esta fase es de pocos meses; en el sujeto prepúber es de aproximadamente 6 años y en el adulto de 3 años. En esta fase se encuentra el 85 – 95 % de los cabellos de la cabeza de un adulto.

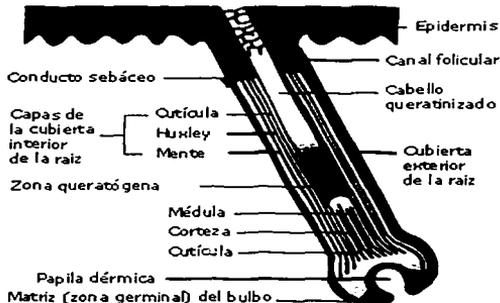


Figura 7.1. Crecimiento del folículo piloso.

B) Catágena o de involución.

El crecimiento se detiene y en el folículo se realizan los fenómenos que anteceden a la separación del pelo del bulbo que le dio origen. Tiene una duración de dos a tres semanas y en ellas está el 1 % de los pelos de la cabeza.

C) Telégena o de descanso.

El tallo piloso se pierde por desprendimiento o por caída y el bulbo se prepara para iniciar un nuevo ciclo. Las estructuras que se pierden son aquellas que contienen queratina (vainas interna y tallo) y se conservan las que no presentan esa proteína (vainas externa, matriz y papila). La proporción de elementos que en un momento dado están en esta fase, es de 4 al 14 %; la duración del último estadio es de 3 a 4 meses.

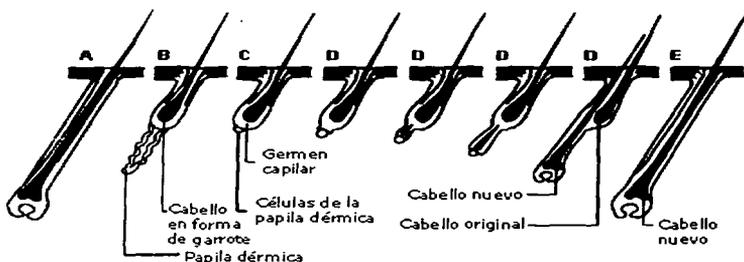


Figura 7.2. Folículo piloso durante la fase activa de crecimiento

Dinámica del ciclo folicular.

La duración de la fase anágena en cualquier folículo de la piel cabelluda, está genéticamente determinada y varía de 2 a más de 5 años; el promedio en esta fase, es de 1000 días. La fase telégena dura aproximadamente 100 días y la catágena de 2 a 3 semanas, por lo tanto, la proporción de pelo de fase anágena al de telégena es de aproximadamente 90:10 en condiciones normales; el porcentaje de pelo en fase catágena es muy pequeño.

La población de folículos en la piel cabelluda humana, es de 100,000 aproximadamente (los rubios tienen más y los pelirrojos menos). El promedio de pelos perdidos diariamente es de 100.

Velocidad de crecimiento.

El crecimiento del pelo varía con las especies y dentro de cada una, de acuerdo a la región del cuerpo. El parámetro más confiable para medir el crecimiento del pelo, se hace marcando con cistelina y la autorradiografía subsecuente.

Diferencias regionales.

La velocidad más alta de crecimiento diario del pelo, ha sido observada en la cabeza: los reportes para niños ha sido de 0.33 a 0.45 mm, en el adulto de 0.27 a 0.40 mm, con un promedio, según las últimas investigaciones de 0.37 mm; para la barba, se ha publicado valores de 0.38mm/día y de 0.21 a 0.31 mm/día; el pelo axilar crece a la misma velocidad que el de la barba.

El crecimiento diario en otras partes del cuerpo es bajo: 0.20 y 0.23 mm para los muslos; 0.22 mm para los brazos y 0.16 mm para las cejas.

Diferencias sexuales.

El pelo de la cabeza, crece más rápido en las mujeres (0.34 a 0.36 mm /día), que en los hombres (0.31 a 0.34 mm/día). Ocurre lo contrario en el pelo axilar (0.31 a 0.33 en los hombres; 0.29 a 0.30 mm /día) en mujeres). Estas diferencias, posiblemente resultan del hecho de que el crecimiento en estas áreas, está influenciado por las gónadas.

Indudablemente, el crecimiento del pelo corporal es incremento por los andrógenos, dado que éste puede ser reducido por medio del tratamiento con esteroides antiandrogénicos. En los párpados, el pelo crece a la misma velocidad en ambos sexos.

Variaciones estacionales

Inicialmente, algunos autores establecieron que las estaciones no influían sobre la velocidad de crecimiento del pelo, sin embargo, en estudios minuciosos realizados por Eaton, donde los promedios de temperatura mensuales fueron correlacionados con el promedio de crecimiento mensual del pelo, se encontró un incremento distinto durante los meses de verano.

Efecto de la edad.

El crecimiento del pelo es mayor entre los 15 y los 30 años de edad y declina entre los 50 y los 60 años, la disminución en la barba, se inicia a una edad más temprana de 45 a 52 años. Las cejas crecen aproximadamente crecen a la misma velocidad durante toda la vida.

Variaciones diurnas.

Al parecer el crecimiento del pelo disminuye por la noche, lo cual es un fenómeno análogo al observado en las uñas. Posiblemente esto resulte de un decremento en la velocidad mitótica.

Efectos del corte y rasurado.

Según creencias populares, el corte y rasurado del pelo acelera su crecimiento, este pensamiento no tiene bases científicas y todos los investigadores están de acuerdo.

Factores físicos.

La influencia de factores físicos sobre la velocidad de crecimiento del pelo, es de gran importancia práctica. Innumerables abusos han sido perpetrados en este campo y aun los médicos han contribuido a esta situación, al efectuar experimentos pobremente controlados: en el hombre no ha sido presentada una evidencia de que la activación del folículo piloso en reposo, pueda ser lograda con el uso de sustancias irritantes.

La hiperemia prolongada, causa un incremento en la velocidad de crecimiento y engrosamiento del tallo del pelo, en cierto número de personas, las diferencias individuales parecen jugar un papel mayor; no existen evidencias que indiquen, que la hiperemia de corta duración tenga efecto sobre el crecimiento del pelo; la línea exacta entre hiperemia corta y duradera no ha sido establecida.

7.2. Influencia hormonal.

Clasificación endócrina del pelo humano:

- El mismo en ambos sexos, sin control hormonal; incluye el lanugo sobre el cuerpo, párpados, pestañas y posiblemente el de las extremidades.
- El ambisexual bajo control endocrino, que incluye al que se presenta después de la pubertad. Está representado por el axilar, la porción mayor del pelo púbico y el de la cabeza que también puede estar dentro de esta categoría.
- Aquel que sirve como una verdadera característica secundaria; el pelo terminal sobre la cara: barba y bigote, es representativo en todos los hombres normalmente, pero no en mujeres.

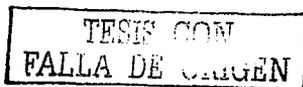
Corteza adrenal.

La influencia de las hormonas corticoadrenales sobre el crecimiento del pelo, es ilustrada por el hirsutismo, el cual se desarrolla en casos de hiper corticoidismo en la mujer, pudiendo presentarse a partir de hiperplasia difusa de la corteza adrenal, de tumores benignos de esta misma zona o de hiperfunción de la pituitaria. Estos tipos de hirsutismo son causados principalmente por la secreción de hormonas androgénicas.

La administración terapéutica de cortisona, puede causar hipertriosis en la mujer, la cual, durante y después del embarazo, ha sido atribuida a hiper corticoidismo; en la mujer sana, la función adrenocortical es básica para el crecimiento normal del pelo púbico y axilar.

Pituitaria.

El lóbulo anterior de la hipófisis, influye principalmente sobre el crecimiento del pelo, por medio de la hormona adrenocorticotrópica; la administración prolongada de ésta a las mujeres, frecuentemente causa hipertriosis sobre la cara, tronco y extremidades; el hiperpituitarismo patológico, también la produce en la cara, tórax, abdomen y piernas.



El hipopituitarismo impide el desarrollo del pelo; en la enfermedad de Simmonds, es delgado y seco, la pérdida de pelo en las áreas púbicas y axilares es común, igualmente, la ausencia de pelo púbico y axilar es característica del enanismo pituitario. La hipertricosis de las extremidades y del tronco, ocurre en la acromegalia, presumiblemente como un efecto de la hormona del crecimiento.

Hormona sexual masculina.

La hormona testicular, es responsable del crecimiento del pelo, propio del fenotipo masculino. Su presencia es requerida también para el desarrollo completo del pelo axilar; en los eunucos y castrados prepupalmente, el tipo de pelo masculino no se desarrolla. Paradójicamente, sobre la cabeza, las hormonas masculinas crean condiciones, que pueden conducir a la calvicie temprana en individuos con predisposición genética.

Hormonas ováricas.

Los ovarios pueden influir en el crecimiento del pelo; Albright formuló la hipótesis, de que la producción de estrógenos estimula la glándula pituitaria, la cual a su vez, actúa sobre la corteza adrenal para producir andrógenos. El desarrollo del pelo púbico y axilar en la mujer, se ha pensado que es debido al efecto de estos andrógenos, en la insuficiencia primaria del ovario y en la agénesis del mismo, el pelo púbico no se desarrolla adecuadamente, debido a una estimulación insuficiente de la corteza adrenal durante la pubertad. En caso de feminización extrema en el hombre, los estrógenos suprimen la producción de hormona testicular y pueden contrarrestar el efecto estimulante de las hormonas masculinas, sin embargo, el crecimiento del pelo no depende solamente de la lucha hipotética entre estrógenos y andrógenos.

Las células de la teca de los ovarios, producen una hormona andrónica, la cual tiene efectos masculinizantes; cuando se presenta en grandes cantidades, pueden inducir al hirsutismo; el crecimiento maligno de las células de la teca llamado arenoblastoma, es el ejemplo más extremo de hirsutismo de origen ovárico.

Todas las hormonas con actividad andrónica, independientemente de su origen, ya sea de testículos, corteza adrenal u ovarios, tienen un efecto estimulante sobre el epitelio germinativo de los folículos.

Tiroides.

El funcionamiento normal de la glándula tiroides, es esencial para el crecimiento adecuado del pelo, esta glándula puede actuar indirectamente por influencia sobre otras de tipo endocrino (particularmente las gónadas), o por sus efectos directos sobre los tejidos.

La disminución de los efectos de la glándula tiroides, afecta el desarrollo del pelo en la vida intrauterina; se ha observado persistencia de lanugo fetal en niños hipotiroideos; en el mixedema del adulto, el pelo es escaso, seco y despidido.

La pérdida del pelo no tiene una distribución particular, aunque se ve con cierta frecuencia alopecia frontal, con escamas gruesas y desaparición del tercio externo de las cejas. En el hipertiroidismo, la pérdida del pelo sobre la cabeza, pubis y en las axilas puede presentarse.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.3. Importancia toxicológica de la función excretora del pelo.

El pelo proporciona un medio único para estudios de excreción; su vida larga, su estructura queratinosa y dura, y la ausencia de actividad metabólica en su tallo, permiten que la mayoría de los materiales orgánicos incorporados, sean retenidos por períodos de tiempo mayores que en otros tejidos o secreciones del cuerpo.

Debido a la gran reactividad de los metales pesados, con grupos sulfhídricos de las proteínas foliculares y de las de la matriz, estos elementos tienen una afinidad especial por el pelo, como en el caso del selenio, cobre o arsénico, por esta vía, los metales pesados se incorporan dentro de la molécula de queratina. Desde el punto de vista fisiológico, esta combinación puede ser considerada un medio de desintoxicación, ya que la integridad de los grupos sulfhídricos de los folículos pilosos, no es esencial para el buen funcionamiento del organismo.

Cuando en casos de envenenamiento severo, el folículo es confrontado con un exceso de metales pesados, la formación de queratina organizada puede ser profundamente afectada, dando como resultado pérdida de pelo.

El modo de adhesión química de otros elementos, tales como el magnesio, calcio o silicio no son conocidos; con estas sustancias ubicuas, la posibilidad de contaminación externa está siempre presente; debido a la dificultad de remover completamente el polvo de la superficie del pelo, existe frecuentemente la duda, de si algún material extraño ha sido incluido en algunas determinaciones.

8. HISTOLOGIA.

El pelo, en cualquiera de sus variadas características, observables exteriormente y en cualquier región del cuerpo humano, es el producto final de la estructura que le da origen: El folículo piloso. Este deriva de células indiferenciadas de la epidermis fetal.

Los folículos se encuentran situados en plena dermis, alcanzando en profundidad hasta la porción superficial del tejido celuloadiposo subcutáneo, donde frecuentemente se localiza el bulbo. Dos estructuras están en estrecha relación con el folículo: la glándula sebácea que desemboca en un solo conducto excretor, a corta distancia de la superficie epidérmica, en el espacio situado entre el pelo y la invaginación que forma la epidermis, para constituir la vaina radicular externa del folículo piloso; el músculo erector del pelo, que se inserta más profundamente, entre la glándula sebácea y el bulbo, directamente sobre las vainas fibrosas que rodean al folículo.

Anatómicamente, al **folículo piloso** se le reconocen tres porciones, según su profundidad, en un corte longitudinal:

Infundibulo. Es la parte más superficial, en forma de embudo, que se extiende desde el orificio folicular hasta el de la desembocadura de la glándula sebácea.

Istmo. Porción del folículo situada entre el orificio de la desembocadura de la glándula sebácea y el sitio de inserción del músculo erector.

Segmento inferior. Es la porción más profunda del folículo y comprende desde el sitio de inserción del músculo erector, hasta la base del bulbo.

El bulbo es la estructura más profunda del folículo piloso, está constituido por el abombamiento terminal del folículo ya mencionado, que engloba una formación ovoide conjuntiva vascular dérmica: la papila folicular.

El folículo piloso en todo su trayecto, está por una delgada capa de tejido conjuntivo fibroso, formada por una malla de fibras colágenas dispuestas longitudinalmente y circularmente, en láminas concéntricas.

Entre estas fibras se pueden observar los fibroblastos, encargados de producir las fibras colágenas y pequeños capilares portadores de los nutrientes.

Estas se ordenan de afuera hacia adentro, de la manera siguiente:

La capa de Henle (figura 8.1) es la más externa de la vaina radicular interna, está constituida por una sola capa de células alargadas cornificadas, unidas entre sí, por puentes intercelulares, en esta capa se pueden apreciar abundantemente gránulos eosinófilos tricoialinos a nivel de la parte media de la papila, pero desaparecen en su vértice.

Las células de la capa de Huxley (figura 8.1) están conectadas entre sí por puentes intercelulares; a nivel del vértice de la papila desarrollan gránulos tricoialinos que desaparecen a medida que se queratinizan; en el tercio medio del folículo, la capa de Huxley consta de una a tres capas de células cornificadas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La cutícula de la vaina radicular interna, así como la del pelo, constan de finas escamas que se superponen dejando su extremo libre, dirigido hacia la base del mismo.

Las células de la corteza están densamente cornificadas, dispuestas en círculos concéntricos, constituyendo un cilindro compacto de células fuertemente apretadas entre sí y que contienen casi todo el pigmento del pelo.

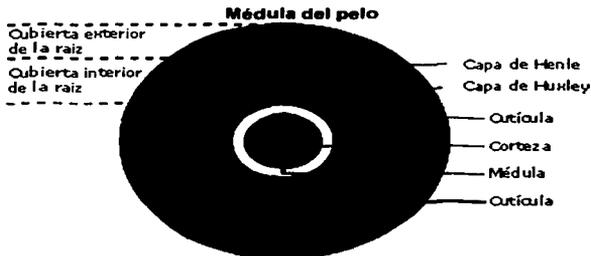


Figura 8.1. Médula del pelo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9. BIOQUÍMICA DEL PELO

A través de diferentes técnicas empleadas en diversas investigaciones, se ha logrado identificar a la mayoría de los componentes bioquímicos del pelo, ya que éste, como cualquier tejido biológico, tiene ciertos compuestos que se encuentran en forma constante y otros, que en pequeñas cantidades, pueden o no presentarse.

A continuación se describen algunos de los compuestos más relevantes y que, desde el punto de vista criminalístico, pueden ser de utilidad como datos orientados cuando el pelo se presenta como evidencia.

Melanina

La coloración de la piel, el iris y el pelo, se deben a un pigmento insoluble, que se aprecia en gránulos visibles al microscopio; este pigmento conocido como melanina, es un polímero de los productos de oxidación de la tirosina -en presencia de la tirosinasa-, por lo que tiene un número variable de unidades de indol-5,6-quinona. En función del número de unidades combinadas, tamaño, densidad y distribución de los gránulos melánicos, el color final variará de café claro al negro (eumelanina) y del amarillo al rojo (feomelanina), aunque respecto a la segunda categoría, existen discrepancias entre los autores, ya que algunos indica, que se debe a la presencia de dopacromo (un producto intermedio en la síntesis de melanina), y otros señalan, que está en función del contenido de hierro en la molécula del pigmento.

Queratina

Las α -queratinas son componentes fundamentales del pelo, piel, uñas, cuernos, plumas, pezuñas y lana. Están formadas principalmente por cadenas polipeptídicas α -helicoidales, habiéndose demostrado por análisis químicos, que están integradas por 18 aminoácidos, generalmente: alanina, arginina, ácido aspártico, cistina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, triptofano, tirosina y valina. La unidad básica es una α -hélice enrollada hacia la derecha.

Suministro de sangre del folículo piloso.

La principal función del fluido sanguíneo, es transportar nutrientes y otras sustancias a los tejidos. El suministro de sangre al folículo piloso, es por medio de capilares que rodean el tercio inferior del mismo y ramificaciones que llegan a la papila. Los vasos que se encuentran en la periferia del folículo, proporcionan sustancias necesarias para la queratinización y también, pueden extraer el glucógeno almacenado en las capas externas e introducirlo en la papila en forma de glucosa. Estos vasos se ven reducidos en número, durante la etapa de descanso del ciclo de crecimiento del pelo.

Glándulas del folículo.

Antes de que el pelo alcance la superficie de la piel, es cubierto con una secreción grasa de las glándulas sebáceas, conocidas como sebo. Esta glándula es de tipo holócrino, es decir, la secreción involucra una completa desintegración de las células glandulares. La función de la cera o grasa, es prevenir a la piel al pelo de la resequead. También contiene compuestos bactericidas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las glándulas sudoríparas humanas, son de tipo ecrino, esto quiere decir que, la mayor cantidad de secreción acuosa sale de las células, dejándolas intactas. La secreción acuosa, puede contener sales orgánicas como son, las de potasio de algunos ácidos orgánicos, que actúan como una especie de detergente.

Contenido de agua.

El contenido de agua, es importante en relación a sus propiedades físicas cosméticas. La densidad del peso seco, es de 1.09 en base a medidas geométricas y de 1.37 por las picnométricas. Como consecuencia, la porosidad del pelo es alrededor del 20%, y por lo tanto, es higroscópico. Cuando se impregna con agua, su peso se incrementa en un 12 a 18 %. El proceso es muy rápido, el 75% de agua es absorbida en un lapso de 4 minutos, siendo los grupos amino y guanidina los responsables directos de la capacidad de absorción de la queratina específicamente, en concentraciones baja de humedad.

Otros componentes menores.

Además de la secreción sebácea y sudorípara, en este grupo podemos incluir al ácido úrico, colesterol, ciertas vitaminas y antígenos del sistema ABO.

Oligoelementos.

Los elementos inconstantes que se encuentran en cantidades extremadamente pequeñas, del orden de parte por millón, son sustancias inorgánicas que llegan al pelo por absorción o adsorción.

Hasta la fecha se han identificado no menos de treinta elementos, pero la escasa concentración con que se presentan en el pelo, dificulta su determinación. Los elementos más frecuentemente investigados son: Arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc; como índice sensitivo de contaminación atmosférica. Otros menos comunes y también de interés forense son: Cloro, molibdeno, tungsteno, plata, plomo, silicio, fósforo, hierro, germanio, cesio, sodio, bromo, galio, antimonio, oro, manganeso y lantano, algunos de los cuales son excretados por el folículo piloso. El contenido total de residuos varía del 0.26 al 94% del peso del pelo en base seca.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

10. INMUNOPATOLOGIA.

En cualquiera de las alteraciones del folículo piloso, el diagnóstico exacto y el conocimiento de los mecanismos fisiopatogénicos, dependen de datos obtenidos de numerosas fuentes.

Estas incluyen: historia clínica, el conocimiento de las manifestaciones de la enfermedad subyacente; el estudio de los pelos que caen espontáneamente o aquellos obtenidos por tracción y cuando está indicado, el estudio histopatológico del cuero cabelludo o de otras áreas afectadas.⁽²²⁾

Lupus eritematoso sistémico (LES)

En el lupus eritematoso sistémico, la alopecia es un componente de la afección multisistémica de esta enfermedad y se puede observar en forma localizada o de manera difusa. La primera es menos frecuente y se asocia a lesiones de lupus discoide, o a otro tipo de lesiones macroscópicas, cuyo sustrato es la inflamación mediada por mecanismos inmunes.

Escleroderma

El término escleroderma, significa endurecimiento de la piel y se aplica a un grupo heterogéneo de enfermedades que incluye a dos grandes categorías: las formas localizadas y las difusas.

En las primeras, la fibrosis se limita a la dermis y tejidos subyacentes, en forma lineal o de parches.

En las segundas, el engrosamiento de la piel, es simétrico y se extiende a manos, antebrazos, tórax y cara; los cambios degenerativos y fibróticos, se extiende a otras estructuras como la membrana sinovial, músculos, arterias y ciertos órganos internos como el tracto digestivo, pulmón, corazón y riñón.

Psoriasis

La psoriasis es una enfermedad crónica de la piel, que se caracteriza por una proliferación acelerada de las células basales de la epidermis. Desde el punto de vista clínico, tiene diferentes formas de presentación, pero la más común, es la psoriasis vulgar y se caracteriza por placas de tamaño moderado, eritematosas, cubiertas con escamas, que pueden ser adherentes o desprenderse en forma fina.

Liquen plano

El liquen plano, es una entidad única; se caracteriza por erupción de pápulas pruriginosas, violáceas, escamosas, ya sea en lesiones aisladas o en patrones agregados, que habitualmente se encuentran en las superficies flexoras, membranas mucosas y cuero cabelludo, que generalmente involucionan en un período de 1 a 2 años.

Penfigoide cicatricial

El penfigoide cicatricial o benigno, de las membranas mucosas, es una erupción vesiculobulosa, que se caracteriza por tres rasgos: curso crónico, tendencia de las lesiones a curar con cicatrización y predilección por las membranas mucosas, que incluyen boca, conjuntivas, laringe, esófago, glánde y vagina. Clínica e histológicamente, las lesiones son semejantes a las del penfigoide buloso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Alopecia areata

La alopecia areata, es una forma no cicatricial que afecta por igual a hombres y mujeres. Se presenta en forma de varios parches (uno a cinco), bien circunscritos, redondos, ovales o lisos, con evidencia de piel atrófica sin inflamación o cicatrización, que puede afectar también las cejas, barba, axilas o pubis. Cuando involucra todo el cráneo, se denomina alopecia total y cuando afecta todo el cuerpo, alopecia universal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

11. TRAUMATOLOGÍA.

El pelo es una estructura muy resistente a la descomposición, la putrefacción, los ácidos y los álcalis es evidencia útil por largo tiempo, cuando otros elementos han desaparecido, tales como las huellas dactilares rasgos fisonómicos, e incluso muchas ropas.

Existen, de cualquier manera, una gran cantidad de agentes capaces de dañar o modificar la imagen del pelo, causándole alteraciones en su anatomía, mismas que pueden ser marcas de reconocimiento con valor de identificación, tanto desde el punto de vista médico legal y criminalístico, como del etiológico de la lesión.

Clasificación

Dentro de los factores a considerar se encuentran los físicos, químicos y biológicos.

Agentes Físicos

Alteraciones producidas por calor.

El pelo es fácilmente inflamable, se quema rápidamente. Las puntas quemadas están constituidas por queratina fundida, formando un nódulo de aspectos de racimo de uvas con burbujas en su interior.

Es interesante también, en el estudio del pelo, calcular aproximadamente la temperatura a la cual un individuo estuvo expuesto, ya que a los 100 °C no sufre cambios y a los 200° C el aire se expande, produciendo grandes burbujas; a mayor temperatura el pelo se rompe, se quema y posteriormente se carboniza.

Alteraciones producidas por fricción.

Es un trauma constante y prolongado, producido por frecuentes cepilladas y peinadas (figura 11.1.). Las alteraciones causadas por objetos que se utilizan en el pelo en forma ocasional, como son los rizadoros, ligas, peinetas y similares, son pocos comunes.



Figura 11.1. Pelo principal desalojado por peinarse.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La lesión más frecuente es la llamada "orzuela" (figura 11.2.), que es la fractura longitudinal incompleta en la extremidad distal del pelo, dándose un aspecto deshilachado, que se observa como punta blanquecina.



Figura 11.2. Pelo fracturado.

La lesión que pudiera presentarse en el tallo, generalmente consiste en la "tricorrexia" o fractura del pelo sin separación del mismo, formando una unión entre sí, por múltiples fibrillas que cuando se desprende, deja una punta de aspecto de pincel.

Alteraciones producidas por contusión.

El traumatismo directo sobre el pelo, en superficie dura como son los huesos craneales (*trauma sobre el cráneo con objeto contundente o caída sobre pavimento de una altura considerable*), produce alteración estructural en el pelo, que va desde el aplastamiento hasta la fractura total con desgarramiento de sus estructuras. Otros traumas, como el producido por el rizador de pestañas, es capaz de inducir la tricorrexia en individuos susceptibles.



Figura 11.3. Corte de un tipo de pelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Alteraciones producidas por tracción.

El pelo está perfectamente enclavado en la piel, sostenido por las estructuras del bulbo piloso; es muy resistente al arrancamiento, sobre todo en grandes mechones. En determinadas condiciones, la tracción puede producir arrancamiento desde la raíz del pelo.

Cuando esto sucede, se puede observar restos celulares del bulbo con deshilachamiento de estructuras; mientras que cuando el pelo se cae espontáneamente, se observa el bulbo redondeado, nítido y seco. En otras ocasiones, la tracción produce fractura a nivel de cuello, ésta se identifica por el corte irregular que se produce ante este trauma.



Figura 11.4. Los pelos fuertemente quitados pueden tener tejido fino unido.

Alteraciones producidas por corte.

El cuidado del pelo, implica el corte periódico del mismo; esto produce un trauma fácilmente identificable, diferente según el instrumento que se haya utilizado. En general, se consideran dos tipos de corte: "a navaja" que es en bisel, nítido, de inclinación variable y a "tijera" o con "máquina" que es transversal al eje y generalmente con una pequeña muesca en el diámetro del corte.



Figura 11.5. Pelo cortado con navaja.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

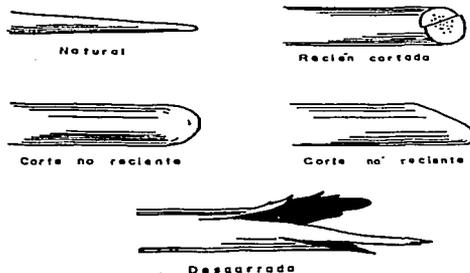


Figura 11.6. Diferentes cortes de pelo

Agentes químicos.

El pelo es extraordinariamente resistente a los agentes químicos de uso común; los cambios que le producen éstos, son generalmente mínimos y de poca importancia, sin embargo, algunos se pueden utilizar como marcadores.

El cuidado del cabello y la moda, implican el uso de colorante, decolorantes, acondicionadores, lociones, fijadores y jabones; todos ellos, con múltiples y diferentes sustancias químicas, que irritan al cuero cabelludo en mayor grado, que al pelo mismo, produciendo pocos cambios en éste. Sólo unas sustancias como el peróxido de hidrógeno, hidróxido de sodio y los compuestos amoniacales utilizados como decolorantes, producen aumento en la fragilidad.

Los productos que se utilizan para ondular y alaciar el pelo, son principalmente a base de tioglicolatos, que al romper las uniones disulfuro de la queratina, propician el efecto anterior.

Otros agentes, como los ácidos sulfúricos y clorhídrico, son capaces de deshidratar y quemar el pelo, cuando se aplican en forma accidental o con tendencia homicida.

Las soluciones concentradas de hipoclorito de sodio, son capaces de disolver el pelo.

Agentes Biológicos.

Los agentes biológicos capaces de producir alteraciones estructurales en el pelo, son las:

Bacterias, hongos y parásitos.

Se pueden observar parásitos adheridos al pelo, no lo alteran (pediculosis), pero el prurito intenso que producen, facilita la presentación de *Tricorrexis nodosa* adquirida. Los hongos son capaces de producir alteraciones importantes, ya que aumentan considerablemente la fragilidad del pelo por invasión del mismo, observando su fractura y siendo posible reconocer el factor etiológico en el estudio microscópico.

Así tenemos la *Tiña capitis, barbae y favus*, que a su vez, representan un excelente marcador del pelo. La espiroqueta *carateum*, productora del mal del pinto, produce también pérdida de la pigmentación del pelo.

Alteraciones hormonales.

Aunque no podemos decir que los cambios hormonales son estrictamente traumáticos, hay alteraciones importantes por aumento o disminución de algunas hormonas; es muy conocido el pelo lacio, reseco y quebradizo del hipotiroidismo, que incluso puede llegar a la alopecia, a diferencia del pelo ondulado y brillante del hipertiroidismo.

Alteraciones genéticas.

No representan estrictamente una alteración traumática, pero si algunas de tipo estructural, que en ocasiones significa un excelente marcador.

Dentro de ellas se puede mencionar la tricorrexia nodosa congénita, el pelo en fibra de vidrio, el síndrome de Griselli (*síndrome del pelo plata*) y el albinismo. Otras características regidas por la herencia, son el tipo de distribución del pelo, la edad de presentación de la calvicie y el tipo de ésta, así como la aparición de las canas.

Alteraciones producidas por desnutrición y síndromes carenciales.

Si bien no producen cambios específicos, pueden ser tomados en cuenta como características; por ejemplo, el tono rojizo del paciente con Kwashiorkor o el pelo reseco y quebradizo del Marasmático.

Alteraciones de origen desconocido.

Entre éstas, se encuentran el vitiligo, cuya etiología aún muestra algunas dudas, presentando decoloración de la piel y del pelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

12. EL PELO ANIMAL.

Al examinar los elementos filamentosos, es frecuente encontrar ciertas características, que son distintas a las comúnmente observadas, tales como: colores diversos, que van del gris al café al rojo, o estructuras demasiado finas, pudiendo inclusive detectar un incremento en los diámetros medulares y totales: al mismo tiempo, existe una diferencia marcada en la distribución celular; de ahí que las interrogantes que se nos presentan sean: *¿este elemento corresponde a pelo humano? o ¿cuál es el origen de este elemento?*

Trataremos de dilucidar de alguna manera estas preguntas y versaremos nuestra discusión sobre el origen animal de un elemento filamentosos.

12.1. Características Generales.

Una de las funciones más importantes de la piel en los animales, es respecto al equilibrio térmico, que se mantiene entre el índice metabólico y el grosor de la cubierta. Los mamíferos pequeños sin embargo, tienen una cubierta insuficiente y en consecuencia, suelen incrementar su índice metabólico; en las musarañas, hay pérdida de pelo asociada con la utilización de las reservas alimenticias en el invierno, que produce una contracción de la piel e incrementa la densidad del pelo.

Otra función de la piel, no menos importante que la anterior, la constituye la adaptación a la vida acuática, ya sea como medida preventiva (nutria), para la locomoción (focas), la flotación (rata almizclera) o como aislante (ballena).

El color del pelo de los animales es variable, pudiendo ser: blanco, gris, café o rojizo; esto se debe al significado que se le puede dar: para la comunicación con otros animales; manifestación de reacciones de advertencia o "deseo"; facilitar el encubrimiento, ya que éste los puede hacer más o menos visibles.

Se ha pensado que los animales del ártico, al portar una cubierta blanca, no sólo se mantienen a una temperatura adecuada perdiendo menos calor a través de la radiación, sino que, además, parece ser la forma más obvia de camuflaje. Las ratas blancas teñidas de negro, no presentan desventajas con respecto a la pérdida de calor, comparadas con las ratas sin teñir; el zorro blanco del ártico es negro a los rayos infrarrojos y no hay relación del color de la cubierta, con la cantidad de calor perdido. De hecho, los colores que vemos son de diferentes longitudes de onda en los rayos cálidos del infrarrojo.

Un punto primordial en el desarrollo del pelo, es la alimentación, lo que se confirma por ejemplo, con las ovejas, cuando sufren restricción nutricional. La repercusión de una dieta inadecuada, puede observarse preferentemente en el desarrollo del folículo piloso y por ende, en la disminución de la cantidad de lana.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

12.2. Ciclo de crecimiento del pelo animal.

Como se sabe, las fases del crecimiento del pelo, son comunes a todos los seres: la anágena, que a su vez se subdivide en regenerativa y de crecimiento activo; la catágena, que es una etapa retrógrada y; la telógena o de inactividad. Podemos mencionar que, esta última, es de mayor duración que la actividad, existiendo variaciones múltiples entre razas y especies.

La etapa segunda o retrógrada, se lleva alrededor de dos días y muy probablemente, sea parecida en todos los mamíferos.

De éstos, los pequeños como tipo del roedor, tienen períodos de inactividad muy largos, a veces hasta de meses, estando interrelacionados con períodos de actividad cortos. Los mamíferos con alteraciones estacionarias, presentan un período de actividad muy prolongado, seguido de la fase de descanso; cada una de estas fases tienen seis meses de duración.

Es infrecuente que un pelo viejo, sea desprendido del folículo antes de que el ciclo de un nuevo elemento se inicie, por lo tanto, un animal nunca queda desnudo como resultado de una muda; además, la pérdida de éste es estimulado por el que inicia el ciclo, no estando hasta el momento perfectamente estudiados los mecanismos involucrados, aunque se aduce específicamente al factor mecánico.

Los investigadores que han analizado el ciclo de crecimiento del pelo animal, han concordado en la existencia de patrones de cambio del pelo, observándose tres tipos de mudas: el reemplazamiento en ondas que se presenta en roedores, con períodos cortos de actividad de dos a tres semanas; los estacionales, mismos que se efectúan en una y hasta en dos ocasiones al año, tal como sucede con el perro, caballo y la oveja, en este reemplazo, la etapa del ciclo de actividad folicular es la misma; lo contrario sucede en la muda de mosaico, ya que aquí, los pelos son sustituidos de manera irregular, dando la apariencia de que cada folículo, tiene su propio ciclo, este tipo de muda se lleva a cabo en el hombre.

Los ciclos de la muda de tipo onda y mosaico, mantienen una longitud constante, lo que es necesario por ejemplo, en los osos polares (que permanecen mucho tiempo en agua fría); lo contrario ocurre en algunos animales acuáticos (foca), que sólo presentan una pequeña muda.

Hay otros animales que se acercan a la tierra, por cerca de dos meses, durante el cambio de pelaje, en ellos se desprenden conjuntamente, grandes colgajos de epidermis. Los ciclos de este tipo, están asociados con la temperatura y las regiones polares; las mudas de onda, son también del hábitat del animal y los cambios extremosos.

Las mudas estacionales, varían de raza y de lugar a lugar, así tenemos a la liebre café, la cual presenta dos cambios anuales; el primero, de febrero a junio y el segundo, de julio a octubre.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En las cabras, la capa lanosa no se aprecia sino hasta septiembre.

Su ciclo es sencillo, teniendo una fase inicial de crecimiento pequeña en el verano y reposo en el invierno. La oveja a través del tiempo, ha perdido gradualmente esta actividad cíclica; en cambio, la raza Merino de Australia, tiene el más alto desarrollo del vellón y virtualmente presenta un crecimiento continuo.

Existen factores que controlan el ciclo de crecimiento del pelo en los animales y que están íntimamente relacionados al folículo. Mucha de la evidencia hasta el momento obtenida, proviene del estudio de los injertos, en gran parte desarrollados en roedores, de donde se piensa que hay factores intrínsecos regulares y controles sistémicos hormonales; de ahí que los estrógenos reduzcan el ciclo de crecimiento del pelo en las ratas y que, la suspensión o disminución de gónadas femeninas, incremente su ciclo.

Una teoría menciona que el crecimiento del pelo está asociado con la mayor cantidad de luz de día; cuando existe disminución del crecimiento del folículo en otoño, éste debe estar relacionado con la menor duración de los días. Por lo visto, el reloj biológico juega un papel importante e inclusive, puede detener el crecimiento en esta época. Hasta el momento, no hay una hipótesis alternativa que pueda explicar la intervención de cada uno de estos factores en el crecimiento y desarrollo del pelo animal; lo que es seguro, es que éste continúa durante un período muy largo de tiempo y tanto el control extrínseco como el intrínseco, desempeñan un importante papel en la génesis del desarrollo folicular.

12.3. Tipos y clases

En los mamíferos, las etapas de crecimiento motivan la existencia de una doble envoltura compuesta o integrada por dos tipos de filamentos: una capa superior o externa, caracterizada por pelos largos y gruesos; y una capa inferior o interna, de pelo fino y corto.

Los primeros, son también conocidos como pelos guarda, y crecen a partir de folículos primarios, que se encuentran distribuidos en toda la superficie epidérmica, éstos a su vez pueden clasificarse en:

Capa superior o externa

Púas. Elementos largos, que son preferentemente de defensa (*puerco espín*).

Cerdas. Filamentos rígidos, muy pigmentados y generalmente de protección.

Aristas. Que son pelos gruesos, con punta rectangular o achatada.

Capa inferior o interna

Los pelos de la capa inferior o interna, tienen como característica, ser cortos, muy finos y suaves, teniendo un menor contenido de melanina. Se subdividen en:

Vello. Es el pelo más fino.

Pelo de bestia. Relativamente corto y muy denso.

Lana. Se presenta larga, suave y rizada.

12.4. Características estructurales.

El pelo de los carnívoros, tienen una punta larga que termina en forma cónica y varía de especie a especie; una de las características más sobresalientes, la constituye el índice medular, el cual en la inmensa mayoría, es mayor a 0.5 y el diámetro total, de 150 micrómetros, pudiendo tener rangos variables de acuerdo a la especie.

En cuanto a la médula, se reconocen cinco patrones, mismos que deberán identificarse en forma apropiada para emitir juicios adecuados:

Seriada: Cuyo, hamster, marta y bisonte.

Escalera o celosía: Borrego, tejón, topo, perro.

Vacuolar: Cacomixtle y zorra gris.

Enrejado: Conejo, caballo, vaca y mink americano.

Amorfa: Llama.

Las características celulares revisten gran importancia y el estudio cuidadoso es imprescindible; de ahí, que sea menester determinarlas con precisión. En términos generales, son: *coronales*: en borrego carabul, camello, marta, mono papilón, oso polar, borrego merino, cuyo y mono araña; *espinosas*: zorras gris y cacomixtle. En varias especies, tales como la foca, el hamster y el ratón son de tipo *mosaico*.

12.5. Características de la especie.

Tejón.

Presenta punta ligeramente alargada, que termina en forma cónica; la médula es de tipo celosía en los pelos guarda y en los de la subcapa. El pelo guarda central de cada triada primaria, es más largo que aquellos provenientes de la periferia, estando asociado con grupos de pelo del subtipo bestia.

Topo.

Circulares u ovals con médula escalonada e irregular; los pelos guarda se ensanchan hacia la punta y los de la subcapa, son regulares en su diámetro total, pero los bordes son prominentes y escamosos. Si se observan en un corte transversal, son ovals o rectangulares. Los pelos guarda, tienen un contorno externo liso y una médula fragmentada o discontinua.

Rata almizclera.

Tiene médula tipo escalera e irregular; los pelos guarda son gruesos y ovals a la visualización transversal; la punta tiene tendencia a deshilacharse.



Figura 12.1. Un pelo de rata almizclera

Caballo.

Los pelos de la crin, tienen una médula amplia en celosía o enrejado, aunque en ocasiones, carece de esta característica; la cutícula es delgada y el patrón celular es corona, ondulado e irregular.

Vaca.

De tipo oval o circular; el contorno es regular y la médula normalmente estrecha, en enrejado. Las células cuticulares son coronales y del tipo mosaico.

Puerco.

Contorno liso, diámetro total irregular y frecuentemente muestran una punta deshilachada. La médula es discontinua y triangular al corte. El patrón cuticular es ondulado, coronal e irregular.

Perro y gato.

Son regulares en su contorno, lisos con punta que tiende a ser cónica, alargada y la médula es continua. Los pelos de la subcapa presentan irregularidades; la médula es en escalera y las células cuticulares, son coronales y de tipo mosaico.

Dentro de los animales menos frecuentes en nuestro medio, se pueden mencionar:

Mink asiático y mink americano.

Los pelos guarda que semejan un escudo, presentan cutícula gruesa y médula irregular vacuolada; la subcapa del pelo de bestia es muy angulosa; en el corte transversal, frecuentemente se observa como un cuadrado; en contraposición, el mink americano tiene pelos guarda, con médula tipo enrejado y una porción ensanchada que totaliza las $\frac{3}{4}$ partes de longitud del pelo.

Nutria.

Contorno irregular, médula amplia del tipo enrejado y continua; el patrón celular es diverso y puede presentar más de una característica; los pelos de la subcapa tienen escamas prominentes.

Camello.

Presenta diámetro no uniforme y contorno liso; los pelos externos presentan médula continua, que ocupa menos de la mitad de la amplitud del pelo y la subcapa carece de ella. Las células cuticulares son coronales.

Llama doméstica y alpaca.

El color puede variar ampliamente, desde el blanco, pasando por tonos café, hasta el negro. El pelo es liso, regular, con médula discontinua y amorfa.

Una vez confirmado el origen animal de un pelo, el paso siguiente consistirá en identificar la especie de la cual proviene el elemento; tarea para lo cual, es indispensable disponer en el laboratorio, de un muestrario que contenga, pelos de los animales domésticos más comunes y de los que viven libremente; sin olvidar, los utilizados en la fabricación de abrigos o aquellos que habitan en los zoológicos.

De tal manera, que el diagnóstico de especie, se pueda efectuar por comparación con muestras de naturaleza conocida, basadas en la determinación de los diferentes diámetros, características medulares y disposición celular.

Tabla 12.1. Características diferenciales entre el pelo humano y el pelo animal.

CARACTERÍSTICAS	PELO HUMANO	PELO ANIMAL
Textura	Finá y delgada	Tosca y gruesa
Cutícula	Escamas pequeñas, planas, aserradas y que rodean todo el tallo (coronales).	Escamas grandes, poliédricas, onduladas y que no rodean totalmente el tallo (imbricadas).
Médula	Estrecha, fragmentada o ausente	Ancha, presente, continua
Corteza	Gruesa, 4 a 10 veces mayor que el grosor de la médula	Delgada, raramente más del doble de la médula
Pigmento	Sólo en la corteza y mayor en la periferia.	Uniforme, periférico o central.
Prueba de la precipitina	Específica para el humano.	Específica para animal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

13. TÉCNICAS DE ESTUDIO DEL PELO.

Mediante un cuidadoso y completo examen criminalístico pueden resolverse dos problemas de diagnóstico:

- i. *Diagnóstico genérico*, ya que hay múltiples cuerpos filiformes que pueden prestarse a confusión (fibras vegetales, pelos procedentes de plantas pilíferas).
- ii. *Diagnóstico de especie*, pues no tratándose de pelos humanos pueden resultar de interés para la investigación y, en su caso, precisar a qué especie pertenecen.

Búsqueda de los pelos.

- * En la mano de la víctima, arrancados de su agresor al defenderse.
- * En el agresor y particularmente en sus uñas (asesinatos y atentados al pudor).
- * En los órganos de la víctima o del agresor.
- * En el lugar de un asesinato (cabellos arrancados) o en el de un robo (pelos caídos o adheridos a un objeto cualquiera)

Antes de proceder a su análisis específico, los pelos descubiertos en el escenario del delito, requieren siempre, sin excepción, un estudio de su topografía, disposición, forma y ambiente donde se han encontrado, circunstancias que, correctamente estudiadas, pueden hacer innecesaria toda una serie de investigaciones técnicas.

Detectada la ubicación de los pelos éstos deben ser levantados. Habrán de remitirse por separado, en distintos recipientes, los pelos recogidos en sitios diferentes y, a su vez, los envases irán rotulados con las indicaciones sobre el lugar del hallazgo. Por supuesto antes de llevar a cabo estas operaciones, se deben fijar fotográficamente, así como hacer su precisa descripción escrita, complementada con un croquis. En el caso de que se tomen muestras de control, lo que es muy frecuente, deberán obtenerse de varias regiones anatómicas y embalsarse por separado.⁽¹⁴⁾

Colección y preservación del pelo.

Los pelos tomados de la escena del crimen pueden almacenarse en bolsas de papel debidamente etiquetadas en cajas tipo petri de vidrio, o bien puede utilizarse también una cinta con una lado adhesivo para recoger los pelos que se encuentren en una área pequeña y que debido al color de la misma superficie no puedan observarse. Posteriormente se desprenden de la cinta con xileno.

También al recolectarse debe tenerse cuidado de no romperlos, pueden tomarse con unas pinzas con punta de goma y la localización exacta de donde se tomó el pelo debe ser anotada.

En el caso de violaciones deben ponerse mayor énfasis en el pelo púbico. También se recomienda recoger las sabanas completas o la ropa de la víctima para después aspirarla. Para obtener la muestra de comparación del pelo cuestionado debe de tomarse una muestra representativa de cada región del pelo, si no se cuenta con una comparación no se puede realizar el examen ya que será muy difícil decir de quien se trata el pelo y solo se podrá concluir que es un pelo humano.

Para el caso del pelo de la cabeza se toma alrededor de 10 pelos de la región frontal, temporal, del vertex anterior y posterior y de la nuca

El análisis microscópico puede llevarse a cabo con tres tipos de microscopios. *El microscopio estereoscopio* (figura 13.5), permite hacer una discriminación rápida de que tipo de pelo se trata, para hacer observaciones gruesas del pelo. *El microscopio óptico* (figura 13.3) para realizar el análisis de la medula, pigmento, escamas, cutícula. *El microscopio de luz polarizada* para ver estructuras finas del pelo como, el pigmento, la medula, y la estructura. Para hacer mediciones se puede usar un micrómetro en todos los casos.

El medio de montaje para el análisis de pelo, puede ser una resina temporal la cual debe mantener fija al pelo para después compararla con el pelo de la comparación, cuando se pretenda montar en un medio líquido se puede utilizar ortodiodorobenceno.⁽¹⁵⁾

El Analizador de imagen se maneja en forma manual con movimientos de la platina, a través de la computadora se ve la muestra en el monitor congelando la imagen (15-20 congelaciones) (figura 13.3) permitiendo de esta forma una mejor observación de la estructura y realizando una comparación del pelo y fibras.

En caso que se sospeche veneno (metal pesado), como antimonio, arsénico o talio, someter a un análisis algunos cortes de pelo o raíz, al igual que muestras de uñas.

Estos metales se quedan en la parte profunda en la queratina que coincide con el tiempo de administración, lo cual se puede determinar por medio del estudio activado de neutrones en unos cuantos pelos, que indica cuando se administró el veneno, según el estrecho de crecimiento del pelo, ya que las dosis más recientes se encuentran cerca de la raíz.⁽¹⁶⁾

En los años 50, esta técnica llamada activación de neutrones se convirtió en una herramienta forense valiosa. Una muestra tal como pelo se bombardea con los neutrones mientras que dentro de la base de un reactor nuclear los neutrones chocan con los componentes de los elementos de rastro y hacen que emiten la radiación gamma de un nivel de energía característico. Esa manera, el científico puede medir cada componente de la muestra, no importa cómo es pequeña. En un solo pelo, por ejemplo, catorce diversos elementos pueden ser identificados.⁽¹⁷⁾

La conclusión del análisis se expresa en términos de exclusión por ejemplo: "Existen suficientes características individuales y microscópicas para asociar a una persona con el pelo encontrado en la escena, excluyendo a los demás".

Sugerencias para recoger evidencia de escenas del crimen tales como en casas, apartamentos y vehículos:

- Fotografiar toda la evidencia antes de quitarla.
- Quitar artículos o caminar en las áreas antes de otras exámenes. Considerar el uso disponible de botas.
- Recoja los artículos grandes, tales como ropa, y colocarlos en bolsas de papel separadas. Guardar un registro exacto de la evidencia.

- Una persona debe recoger y empaquetar los artículos mientras que otra persona etiqueta los bolsos y registra los artículos.
- No colocar todos los artículos de la ropa de un sospechoso en una bolsa de papel, ni todos los artículos de una víctima en otro bolso. Empaquetar cada artículo por separado.
- Nunca poner los artículos sospechosos y los artículos en contacto el uno con el otro de la víctima. La persona que recoge los artículos del sospechoso no debe ser la misma persona que recoge los artículos de la víctima. Si esto ocurre, el personal debe cambiar su ropa y recoger la evidencia para evitar la contaminación.
- El lecho se debe manejar cuidando evitar la pérdida de pelos y de fibras. Cada artículo se debe poner en un bolso separado.
- Las superficies del piso se deben limpiar con la aspiradora para la evidencia posible del rastro. Superficies más pequeñas tales como sillas y asientos del coche deben ser grabadas o ser limpiadas con la aspiradora.



Figura 13.1. Recoger evidencia del rastro aspirando. (26)

- Asegurar la alfombra, pelo del animal doméstico, y recoger otros estándares que pudieron haber sido transferidos a un sospechoso o a una víctima.
- Recoger todas las muestras conocidas posibles de la fibra de un vehículo. Éstos se pueden obtener de la alfombra, de los paneles de la puerta, de los asientos, de las esteras del piso, y del tronco.



Figura 13.2. Recogiendo el rastro evidencia raspando y escogiendo. (26)

Las sugerencias siguientes pertenecen a diversos tipos de artículos recuperados en la escena del crimen:

Sombreros: Empaquetar todos los sombreros en bolsas de papel separadas. Las vendas son una fuente excelente para las huellas digitales.

Zapatos: Los zapatos son una fuente excelente de la evidencia de la fibra, manchas de la sangre, y comparaciones de la impresión del zapato. Los zapatos usados por un sospechoso pueden depositar fibras de un vehículo él o ella que salió en una escena del crimen y puede también tomar fibras de la escena y después depositarlas en otra localización.

Calcetines: Los calcetines usados por una víctima del homicidio pueden proporcionar evidencia inestimable de la fibra y del pelo. Muchas veces el vehículo transporta a la víctima. El contacto con las superficies interiores de un vehículo puede hacer que los pelos y las fibras recojan en los calcetines. Puede ser necesario obtener las muestras de la eliminación del alfombrado del coche o de la residencia de la víctima.

Uñas: Tener especial cuidado al raspar o cortar las uñas de una víctima o de un sospechoso.

Vello púbico y cabello de la cabeza: Los pelos pubicos y los pelos de la cabeza se deben tomar siempre en crímenes violentos. Los pelos desconocidos así como fibras se pueden recuperar de estas muestras. Si un sombrero se recupera en la escena del crimen e identifican a un sospechoso pronto, puede ser posible encontrar fibras similares a éstas en el sombrero y en el pelo del sospechoso. (19)

Muestras sabidas de pelo: Las muestras escogidas al azar con cuidado se deben tomar de las regiones principales y publica de un sospechoso(s) y víctima(s). Veinticinco pelos integrales, tirados y peinados de diversas áreas de las regiones principales y publica, generalmente se consideran una representación adecuada de las características del pelo de un individuo. (20)

Armas: Las armas que se recuperaron en una escena del crimen se deben buscar siempre para evidencia del rastro antes de procesar para las huellas digitales.

Puertas y ventanas: Las puertas y las ventanas se deben buscar para evidencia del rastro si son puntos posibles de la entrada o de la salida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Procedimientos para el manejo de evidencia

Una vez que se haya recogido la evidencia, hay varias recomendaciones o consideraciones al empaquetarla para la transmisión al laboratorio. Los artículos de la ropa se deben empaquetar en las bolsas de papel selladas separadas, no plásticas. Para evitar la contaminación, los artículos, la ropa del sospechoso no se debe nunca manejar en la misma área en la cual los artículos de la víctima se manejan. (21)

Toda la humedad o artículos de sangre-empapados se deben secar al aire en un cuarto lejos del movimiento y del tráfico de aire. El papel para secar se coloca bajo artículos húmedos de la ropa y estos deben someterse por separado.

Colocar individualmente los pelos y las fibras en papel limpio o en un sobre con las esquinas selladas. El papel o el sobre primario se debe colocar dentro de un sobre sellado secundario con todas las esquinas grabadas. Estos pelos pueden moverse o ser perdidos, así que se recomienda que estén quitados y colocados en un sobre (primero se observa de donde fueron quitados). (21)

Si se limpia con la aspiradora una superficie del piso, colocar en una hoja blanca de papel y doblar en las esquinas.

Examen en el laboratorio

Comprende dos fases:

- a) El examen macroscópico
- b) El examen microscópico

El examen macroscópico y organoléptico permite el conocimiento de su aspecto, color, olor forma y dimensiones y enfermedades, datos de sumo interés pericial. Referente al aspecto, puede estar limpio o impregnado de materia orgánica (sangre o esperma) o bien con parásitos u hongos.

En cuanto su color, depende, de la cantidad de pigmento como de su distribución, las tonalidades cromáticas van del negro al rojo, pasando por el pardo, el castaño y el rubio, sin dejar de tener en cuenta la carencia de pigmento o decoloración congénita del cabello, generalizada (albinismo) o limitada (pielbaldismo), así como la decoloración fisiológica (canicie). Las decoloraciones artificiales y las coloraciones, dado su extraordinaria frecuencia, son de importancia pericial.

En lo relativo al olor, debido al uso habitual de perfumes empleados indistintamente por ambos sexos, puede tener valor identificativo.

Con respecto a la forma, el dato macroscópico es de mayor importancia, por los diversos tipos morfológicos del pelo.

En cuanto a enfermedades, cuando se demuestre el mismo padecimiento en los pelos del sospechoso y en los de comparación, el dato se puede considerar como muy significativo.

Microscopía del pelo

El estudio criminalístico del pelo es un examen eminentemente comparativo entre la muestra problema y las muestras testigo, por lo que se requieren los siguientes microscopios: estereoscópico; de comparación con una adaptación para cámara fotográfica; de fluorescencia; binocular de baja potencia; contando con accesorios como son: disco micrométrico, micrómetro de platina, objetivos intercambiables, sistemas para fotografiar indicios.⁽²⁵⁾

La examinación de pelos humanos en el laboratorio forense se conduce típicamente con el uso de la microscopía ligera. Esta examinación implica rutinariamente un proceso de dos etapas la identificación de pelos problemas y de la comparación con pelos testigos. El propósito de conducir esta examinación es comprobar si dos o más individuos estuvieron en contacto o en contacto con un objeto. Esta evidencia sociable es particularmente útil en crímenes de violencia, tales como homicidio, asalto sexual, asalto agravado, donde el contacto físico pudo haber ocurrido.

Los crímenes tales como robo con allanamiento de morada y robo armado implican típicamente la recuperación de los artículos y de la ropa que pueden contener los pelos útiles para la identificación de sospechosos.

El valor de la evidencia del pelo se relaciona con la variabilidad de las características del pelo entre los individuos en la población, que puede ser visualizada con el uso de la microscopía óptica de comparación. Hay muchos factores que afectan la confiabilidad de una asociación del pelo incluyendo experiencia, el entrenamiento, la conveniencia de los estándares sabidos del pelo, y la eficiencia del equipo.

El microscopio óptico de comparación consiste en dos microscopios ligeros compuestos conectados por un puente óptico que permite la visión simultánea de pelos desconocidos y de pelos conocidos.⁽²⁶⁾

El contenedor de la diapositiva de cristal de los pelos conocidos se coloca en la etapa de un microscopio, mientras que en la otra etapa del microscopio se colocan los otros pelos desconocidos (figura 13.3).

Esto permite al examinador del pelo comparar las características microscópicas de los pelos conocidos y desconocidos en un campo.⁽³⁰⁾ (figura 13.4). La gama de la amplificación usada es aproximadamente 40X a 400X.



Figura 13.3. El microscopio de comparación.⁽²⁴⁾

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 13.4. Dos pelos que se emparejan e identifican con el microscopio óptico de comparación. (24)



Figura 13.5. Microscopio estereoscopio.



Figura 13.6. Examinación en un microscopio estereoscopio. (24)

14. LAS FIBRAS: IMPORTANCIA, CLASIFICACIÓN.

Una fibra es la unidad más pequeña de un material textil que tenga una longitud muchas veces mayores que su diámetro. Las fibras pueden ser naturales como fibras de planta y de animal, pero pueden también ser artificiales. Una fibra se puede hacer girar con otras fibras para formar un hilado que se pueda tejer o hacer punto para formar una tela. El tipo y la longitud de la fibra usada, del tipo de método que hace girar, y del tipo de construcción de la tela, afectan la transferencia de fibras y de la significación de las asociaciones de la fibra. Esto llega a ser muy importante cuando hay una posibilidad de transferencia de la fibra entre un sospechoso y una víctima durante la comisión de un crimen.

El uso de las fibras textiles en la fabricación de ropa, adornos y objetos de uso doméstico, se remonta a las culturas más antiguas de la humanidad. En México, algunas de ellas como la maya o la inca aplicaron métodos rudimentarios para la obtención de hilados, tejidos y teñidos con colorantes naturales.

El valor de estos elementos como indicios encontrados en el lugar de los hechos, se ha reconocido desde hace más de 75 años, se han publicado algunos métodos que pueden emplearse en el examen y comparación de las fibras, demostrando la necesidad de evaluar las técnicas comúnmente usadas en el laboratorio de Criminalística, ya que éstas carecen en ocasiones de la especificidad y sensibilidad requeridas, por lo tanto, que el camino está abierto a la realización de estudios más profundos en dicha área.⁽³⁾

14.1. Clasificación de las fibras textiles.

Fibras Naturales

Las fibras textiles naturales, pueden dividirse en dos grupos bien diferenciados, en cuanto a su origen y a su naturaleza química. Por un lado, la lana y la seda proceden de organismos animales y tienen un carácter proteínico; por otro, el lino y el algodón (figura 14.1), son de origen vegetal y están formados por celulosa.⁽²⁵⁾



Figura 14.1. Fibras del algodón.⁽²⁵⁾

Origen Animal.

Proviene de la piel de los animales (específicamente el pelo, que tiene una longitud limitada), o de los productos de secreción glandular, como la seda.

Es conveniente establecer la diferencia entre pelo y lana, con el fin de evitar confusión en la terminología. El nombre genérico "pelo", abarca al de todos los animales, pudiendo ser aprovechado en la industria textil; que "lana", se refiere sólo a las fibras obtenidas del trasquilamiento de las ovejas.

Una vez aclarado lo anterior, enlistaremos las fibras más comúnmente encontradas en la investigación criminalística son:

-Lana. Cuando este elemento es sometido a peritaje para identificarlo como tal, conocer su calidad o su origen, debemos tener en mente que, desde 1968, se permiten mezclas de lana con algunos pelos finos como la cabra (mohair o cachemira) y camello, hasta en un 20%; lo cual puede ser un dato de interés.

En la lana común de oveja, distinguimos grados de calidad, nombre comerciales; pero en términos generales, son fibras delgadas, que presentan células corticales con escamas, cuticulares, aplanadas con bordes prominentes y ausencia de médula.



Figura 14.2. Imágenes microscópicas de fibras de lanas. (25)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 14.3. Fibras de lanas. (25)

Seda.

El gusano que produce esta fibra, se cria a base de una dieta rica en celulosa procedente de las hojas de morera, produciendo una solución viscosa de la proteína llamada fibrina, que es segregada por dos grandes glándulas que terminan en finísimos orificios situados junto a la boca. Los dos filamentos segregados, se adhieren entre sí, mediante una proteína pegajosa que se denomina sericina o cola de la seda. Las fibras obtenidas son largas, continuas, brillantes y muestran una superficie externa irregular, con fisuras transversales y pliegues. La seda desengomada es aquella a la que se le ha eliminado la sericina y se utiliza para el hilado y el tejido.

Algunos moluscos, especialmente de la especie Pinna, de la familia de los Avicúlidos, dan origen a la seda marina o de biso.

Origen Vegetal.

Procedentes de los pelos vegetales de las semillas, fibras de los tallos, hojas, raíces y en ocasiones de los frutos de plantas, mono y dicotiledóneas. Las más usadas son:

-Algodón.

Se obtiene de las semillas del género *Gossypium* y la fibra está constituida por una sola célula elongada, plana y con torsiones en espiral. Tiene un canal central con apariencia grisácea cuando se observa en seco; la superficie es granular, irregular y con bordes gruesos, sin marcas transversales.

-Yute.

Constituido por gran cantidad de lignina. Son fibras gruesas, rígidas, sin marcas longitudinales ni transversales.

-Lino.

Los elementos filamentosos que lo conforman, están libres de escamas, mostrando una superficie irregular, de diámetro variable, su sección es poligonal y tiene apariencia similar al tallo de bambú.



Figura 14.4. Fibras del lino vistas con luz polarizada. (25)

Origen Mineral.

Es esta categoría estarían las de asbesto y metálicas, pero por lo general estas fibras no se emplean puras o solas, sino en combinación con otras clases.

Fibras artificiales.

Son aquellas que se producen por combinación con fibras naturales, modificación de las características de sustancias que en su estado original no presentan características filiformes, o por síntesis de compuestos, siendo las piroxilinas, entre otras, las más adecuadas como producto intermedio en el proceso Chardonet para la obtención de fibras artificiales.

Es importante señalar, que la seda así procesada se denomina Chardonet o nitrosa. En español, la expresión "artisela", es sinónimo de seda artificial y ambas equivalen a la palabra "rayón", propia del francés y del inglés, pero que ha sido aceptada también en nuestro lenguaje cotidiano.

Las fibras artificiales se han subdividido en dos grupos: semisintéticas y sintéticas; que de acuerdo a la época y a los diversos autores, las han clasificado según su estructura química, sus usos, o la materia prima de la que provengan. En términos generales, se pueden agrupar de la siguiente manera:



Figura 14.5. Sección transversal de fibras artificiales. (25)

Semisintéticas.

Fibras alginicias y celulósicas regeneradas y modificadas químicamente, como son: los rayones (seda Chardonet, viscosa y cuproamónico), el acetato y triacetato de celulosa (trichel y arnel).

-**Fibras proteínicas regeneradas**, entre las que se encuentran las provenientes de caseína (lanital, fibrolane, aralac, etc.) y de materia prima vegetal, como el maíz o la semilla de soya (vícara o ardil).

-**Fibras inorgánicas**, por ejemplo, vidrio, cerámica y metal, en las que el hombre sólo le ha conferido la configuración fibrilar.

Sintéticas.

Podemos decir que son elementos poliméricos, esto es, que están formados por macromoléculas obtenidas, ya sea por polimerización o por policondensación, no existen definitivamente en la naturaleza. En esta categoría encontramos las fibras:

-Acrílicas o acrilonitrilos (acrilán, orlón).

-Vinílicas (sarán, vinyón).

-De poliéster (dacrón, terylene, terlenka, tergal).

-Polímeros del ácido ϵ -aminocaproico (perlón, caprolactam).

-Adipamidas del hexametileno (nylon 66)

-Olefínicas (DPL, merkalon).

-Polimetánicas (licra, spandex).

Su identificación se torna difícil, por lo que un simple examen microscópico longitudinal no es suficiente. Es necesario recurrir a otros estudios que aporten mayor información y poder así, individualizar los indicios que se nos presenten.

De esta manera, el análisis microscópico del corte transversal del elemento en estudio, aunado a pruebas de pirólisis, solubilidad (en acetona, dicloruro de metileno, netracresol, ácido sulfúrico al 80%, ácido fórmico al 88%), serán fundamentales en la elaboración del dictamen.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con respecto a los exámenes microscópicos, a continuación se indican algunas particularidades de las diversas fibras (Tabla 14.1)

Tabla 14.1. Características generales de diversas fibras.⁽³⁾

Fibra	Corte Longitudinal	Corte Transversal
Acrílico	Estriada	Redonda
Alginato	Sin rasgos	Dentada e irregular
Acetato de celulosa	Sin rasgos	Trilobulada (ocasionalmente di o tetralobulada)
Nylon	Sin rasgos	Redonda
Orlón	Estriada	Apariencia de hoja de trébol
Proteínas regeneradas	Estriada débilmente	Curvas con manchas
Sarán	Sin rasgos	Casi redonda

Es obvio, que para realizar una investigación efectiva, se deberá contar con patrones específicos y esquemas como el anterior, en el que se encuentren todas las características de cada elemento filamentosos.

Colorantes.

Con los avances tecnológicos, el teñido de las fibras es un proceso normal, por lo que nos parece importante describir a grandes rasgos, cuáles son los colorantes más empleados, en función de que obtengamos la mayor información de la posible procedencia del indicio hallado.

Los colorantes pueden ser de origen vegetal (palo de Campeche, cúrcuma, indigo natural, entre otros); animal (cochinilla, moluscos como el Murex brandaris, etc.); mineral o sintético (colorantes de alquitrán). Estos últimos son los comúnmente empleados hoy en día.

Una de las clasificaciones de colorantes podría ser la siguiente:

- **De Rayón -Acetato.** Se han desarrollado para teñir el acetato de celulosa y fibras parecidas. Estos se subdividen en dos grandes grupos: colorantes azo simples insolubles y los de antraquinona insolubles.

- **Tipo Ácido.** Colorean fibras animales en soluciones aciduladas al combinarse con proteínas anfóteras de los mismos. Se emplean en un 75 % en el teñido de la lana y la seda.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Azoicos.** Comprenden los azo insolubles que se forman sobre la fibra o dentro de ella. Se aplican casi siempre al algodón y fibras vegetales o en géneros mixtos (algodón y lana, algodón y seda).

- **Básicos.** Se utilizan con el algodón y mediante un mordente de taninos; tiñen directamente sedas, lanas, cuero y pieles.

- **Tipo Mordente o Cromo.** Se aplican principalmente a la lana.

El uso del mordente, cromo, aluminio o hierro aumenta la solidez a la luz y al lavado.

- **Tipo Azufre.** Son útiles con el algodón, además de ser de bajo costo. El negro de azufre 978 es el más extendido, proporcionando tonos opacos de excelente solidez a la luz, al lavado y en los ácidos.

14.2. Estudio criminalístico de las fibras.

Si bien es cierto que las reducidas dimensiones de la mayoría de las fibras relacionadas con hechos que requieren investigación, constituyen la particularidad más sobresaliente desde el punto de vista forense, porque les permite pasar desapercibidas; también es verdad que ello representa un serio factor limitante al momento del examen en el laboratorio.

No existe un esquema general de identificación para fibras aplicable a todos los casos, esto depende de acuerdo a las necesidades y los medios que se disponga, y este puede dividirse en:

- **Fase preliminar** tendiente a discriminar entre fibras naturales y artificiales; para lo cual, el estudio al microscopio y las pruebas de solubilidad son los medios más convenientes.

- **Fase de confirmación** cuyo fin es la determinación de la confirmación química, mediante el estudio de las propiedades fisicoquímicas de la muestra. Las técnicas a emplear en esta fase comprenden: reacciones de coloración, determinación del punto de fusión, de la gravedad específica y del índice de refracción, espectrofotometría de infrarrojo y cromatografía gas-líquido.

Las técnicas más útiles son la microscopía, la espectrofotometría y la cromatografía gas-líquido. La primera, no obstante a pesar de ser más específica, consume mucho tiempo y requiere gran experiencia, así como un muestreo de comparación. Las dos restantes son más rápidas, menos específicas y precisan de instrumental costoso, pero son aplicables aun en muestras parcialmente quemadas y en aquellas que han sufrido ataque químico.⁽²⁷⁾

La magnitud de la información que se puede obtener del examen, está en relación directa con el tamaño de la muestra.

Una escasa cantidad de material disponible sólo permitirá determinar la clase genérica a la que pertenece la fibra; en cambio, una muestra abundante hace posible la delimitación de también de la subclase.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dos fibras de la misma naturaleza pero elaboradas por diferentes fabricantes, tienen idéntica composición química y propiedades físicas semejantes; por lo tanto, en la práctica no es posible diferenciarlas.

Así pues, una vez registradas las muestras, se procede a fotografiar en presencia de una cintilla métrica y deberán anotarse los datos correspondientes al caso y las propiedades macroscópicas del elemento, como son: color, longitud, apariencia, entramado, número de hilos o fibras, indicando la presencia de adherencias, las cuales se estudian separadamente.

A continuación se tienen que especificar a través de un estudio microscópico, si se trata de una fibra o un hilo; refiriéndose a la primera como la unidad más simple de un hilo, el cual se conforma de un conjunto de fibras que han sido procesadas (torcidas, hiladas, etc), lo cual se especificará.

Descripción de los estudios a realizar:

a) Examen microscópico longitudinal de un corte transversal.

Se anotan todas las características observables como son: Superficie externa, disposición de las diferentes capas, diámetro, índice y características medulares, en el supuesto de que esté presente, o cualquier otro dato que se considere de interés.



Figura 14.6. Imagen polarizante del microscopio de una fibra de nylon.⁽²⁵⁾



Figura 14.7. Vistas seccionadas transversalmente de las fibras de nylon de la alfombra según lo visto con un microscopio electrónico de exploración (SEM).⁽²⁵⁾

b) Densidad Específica.

Consiste en comparar la densidad de una fibra frente a una mezcla de líquidos de distinta densidad (método de flotación); o por medio de un picnómetro.

c) pH.

Se efectúa, humedeciendo las fibras con agua destilada, determinando en ésta, con un potenciómetro o con papel indicador universal, el potencial hidrógeno aproximado.

d) Solubilidad.

Mediante los ensayos de solubilidad en diversos disolventes orgánicos e inorgánicos, podemos lograr una separación e identificación por grupos, de las fibras de tejidos simples o mezclas.

e) Colorimetría.

Comprenden pruebas sencillas aplicables exclusivamente a fibras blancas o de colores claros.

Las pruebas fundamentales son:

- Reactivo de cloruro de zinc-yoduro de potasio.
- Reactivo de mercurio en solución de ácido nítrico al 94%.
- Reactivo de Vetillard.
- Prueba con el neocarmin.

f) Punto de fusión.

Este examen se lleva a cabo cuando se dispone de una muestra abundante y se cuenta con testigos, ya que la consume. De realizarse, se utiliza un aparato Fisher-Johns que permite observar directamente la acción del calor, sobre la fibra examinada.

g) Pirólisis (Combustión).

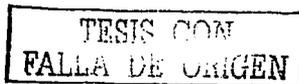
Al igual que la anterior, es una prueba destructiva, por lo que deben seguirse las mismas indicaciones.

El modo en que arda la fibra, el color de la flama, el desarrollo de humo y el olor, permiten obtener conclusiones acerca de las materias primas textiles; es conveniente señalar que en el caso de tejidos mixtos, la prueba muchas veces falla.

h) Índice de Refracción.

Tiene como objetivo, determinar la alteración que sufre la luz polarizada al atravesar la fibra, en base al arreglo molecular que tenga.

Se propone emplear líquidos de alta dispersión, de índice de refracción a 25°C = 1.525, en el estudio de fibras sintéticas principalmente.



i) Análisis Instrumental.

Existen diversos métodos que pueden emplearse en función los datos obtenidos y dependerá de los recursos de que disponga el laboratorio. Las técnicas que pueden utilizarse son:

- **Espectrofotometría de Infrarrojo.** Es útil ya que se requiere de una cantidad mínima de muestra y el análisis puede efectuarse directamente en una pastilla de bromuro de potasio.

- **Cromatografía gas-líquido.** Es una técnica rápida, sensible, y menos específica que la microscopía, pero tiene como ventaja, que la cantidad requerida es cuando mucho de 100 microgramos.

- **Rastreo con luz de angulación corta (SALS).** Este método conocido como laser, se basa en la dispersión de la radiación electromagnética.

De acuerdo al arreglo molecular que presenta la fibra, tiene múltiples ventajas como son sensibilidad, rapidez, economía y no destruye al elemento.

j) Investigación de colorantes.

La aplicación de cromatografía en capa fina, en diferentes sistemas de disolventes, reporta que, hay una separación adecuada de los componentes para su identificación.

k) Pruebas de apoyo.

Cuando exista duda en cuanto a la naturaleza del elemento y dependiendo de la estructura del laboratorio, se pueden estudiar:

l) Características eléctricas.

El poder aislante depende no sólo de la naturaleza del material textil, sino también de su contenido de humedad; disminuyendo al aumentar éste. Los de alto poder aislante, están constituidos por fibras sintéticas: seda vidrio y amianto.

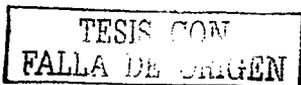
La posición en la serie electrostática de los materiales textiles, depende de su resistencia específica. Los productos fibrosos con pequeña resistencia eléctrica, quedan situados hacia el centro de la serie mientras que, los de alta resistencia, quedan en los extremos positivo o negativo de la escala.

m) Resistencia a la tracción.

Este ensayo tecnológico, sirve para obtener el diagrama de tensión alargamiento de fibras y tejidos, deduciendo de este modo, el alargamiento relativo experimentado bajo una fuerza de tracción dada, o el alargamiento (máximo) de rotura bajo el máximo esfuerzo soportable, y también el módulo de la elasticidad del material.

n) Resistencia a la flexión.

En los ensayos de flexión o dobles, se determina el módulo de elasticidad por flexión, su trabajo y la tendencia del material textil a formar arrugas permanentes.



o) Resistencia a la torsión.

Los ensayos de torsión sirven para determinar la rigidez, el módulo y el momento de torsión, magnitudes cuyo conocimiento son de interés en los procesos de laboreo de fibras y tejidos.

p) Resistencia al roce o desgaste.

En los hilos y fibras, el desgaste por roce puede determinarse por frotamiento longitudinal o transversal, durante cierto tiempo, en aparatos de movimiento rotativo o de vaivén, provistos de un contacto rugoso.

Estos ensayos pueden ir acompañados de deformación de flexión, para someter las fibras a esfuerzos más intensos y pueden proseguirse, si se desea, hasta rotura.

q) Ensayos de fatiga o continuos.

Sirven para determinar la estabilidad de las fibras y materiales textiles, al ser sometidos a esfuerzos mecánicos de larga duración.

El ensayo dinámico de fatiga por tracción, corresponde más a la realidad, ya que en el uso diario de los materiales textiles, son sometidos frecuentemente a este tipo de esfuerzos.

r) Comprensión y recuperación elástica (resistencia).

Tienen la capacidad más o menos marcada, de recuperar su forma después de haber sido sometidos a esfuerzos de comprensión. El modo más sencillo de comprobar esta capacidad de ahuecado, es estrujando las fibras en la mano.

s) Alargamiento o elongación.

Es la longitud en que aumenta una fibra, cuando es sometida a una tensión antes de romperse, y su valor se expresa en función de porcentajes.

15. CONCLUSIONES.

Los elementos filamentosos (pelos y fibras) pueden localizarse en el lugar de los hechos; armas, herramientas, alfombras, zapatos, suelo, víctima, victimario, etc. permitiendo establecer mediante la investigación, análisis y reconstrucción la relación de la víctima-victimario-lugar de los hechos.

La fijación, localización, embalaje, preservación, transporte y análisis, de los indicios como pelos y fibras son etapas importantes en la cadena de custodia, que se deben considerar para darles validez en todo proceso legal.

La ruina de un escenario del delito demuestra ignorancia de las medidas que deben emplearse para la protección. Conviene hacer hincapié en la protección y envío adecuado de las pruebas ya que en muchas ocasiones el valor de una prueba se pierde por un mal manejo de la evidencia, la mejor evidencia colectada después de algunas horas de investigación puede resultar inservible por manejo inadecuado, por el contrario si se manejan adecuadamente pueden descifrar las diferencias entre la falla y el éxito de un delito.

El análisis de elementos filamentosos (pelo, cabello y fibras), es un análisis comparativo, junto con otras series de pruebas que permiten realizar una identificación de un individuo presuntamente relacionado con un hecho delictuoso; asociándolo con el escenario del crimen y la víctima.

Los elementos filamentosos por ser un depósito excelente de tóxicos orgánicos, así como de drogas de abuso se han convertido en una gran herramienta forense para determinar su existencia, a fin de establecer una acción accidental, suicida u homicida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

16. GLOSARIO DE TERMINOS.

ADN: Ácido desoxirribonucleico, material genético responsable de la transmisión de la herencia.

ADN mitocondrial: Ácido desirribonucleico o material genético que se encuentra en los mitocondrios.

ALOPECIA AREATA: Alopecia que se caracteriza por la presencia de pérdida de pelo en placas localizadas. Puede progresar hasta la pérdida total del pelo corporal y tiene múltiples causas.

ALOPECIA ANDROGENÉTICA: La alopecia androgenética, o calvicie común, es consecuencia de la estimulación por los andrógenos de folículos pilosos del cuero cabelludo genéticamente susceptibles que dejan de producir pelo terminal para volver a producir vello.

ALOPECIA NO CICATRICIAL: La alopecia que es consecuencia de una enfermedad primaria que afecta a los folículos pilosos.

ALOPECIA CICATRICIAL: Alopecia causada por lesiones de los folículos pilosos.

ALOPECIA UNIVERSAL: Pérdida completa de pelo en todo el organismo.

ANÁGENO: la fase de crecimiento de un folículo piloso, que dura de 2 a 3 años.

ANDRÓGENO: Hormona masculina que promueve el desarrollo y mantiene las funciones de los caracteres sexuales secundarios en el varón (p.ej., crecimiento de la barba y el pelo, tono más grave de la voz, desarrollo muscular, etc.). El andrógeno más importante es la Testosterona.

ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN DE NEUTRONES: Técnica que detecta el bario y el antimonio, elementos constitutivos del primer cartucho, mediante su activación en un reactor nuclear.

ANTICUERPO: Sustancia producida en el cuerpo por la introducción de un antígeno, contra cuya acción reacciona específicamente.

ANTÍGENO: Sustancia extraña que en el organismo estimula la formación de anticuerpos.

AUTOINMUNE: las enfermedades y las reacciones autoinmunes aparecen cuando el sistema inmunológico del cuerpo reacciona contra si mismo.

AUTOSÓMICO DOMINANTE: Se llama autosómico a un gen o grupo de genes que no están situados en los cromosomas sexuales. Si un rasgo genético es dominante, siempre se manifestará y no será enmascarado por el gen contrario.

BIODISPONIBLE/BIODISPONIBILIDAD: es la cantidad de fármaco sin modificar que llega a la circulación sistémica tras su absorción.

BULBO: Es la parte inferior del folículo piloso.

CATÁGENO: Fase de transición de un folículo piloso, que dura aproximadamente 2 semanas.

CADENA DE CUSTODIA: Es el procedimiento a través del cual se establece una vinculación directa de la evidencia con la escena del crimen. Registro fiel del curso seguido de los indicios desde su descubrimiento hasta su resguardo final.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: Impresiones sensoriales para designar en conjunto los caracteres que se perciben con los sentidos.

CIENCIA: Conjunto sistematizado de conocimientos ciertos que constituyen un ramo del saber humano.

CIENCIAS FORENSES: Conjunto de disciplinas que auxilian a los órganos de justicia en la investigación de los delitos.

CINCO-ALFA-REDUCTASA: Enzima que cataliza la producción de DHT, responsable final de la alopecia androgenética o calvicie común.

CIRUGÍA DEL COLGAJO: Intervención para reponer cabello que consiste en estirar una zona del cuero cabelludo cubierta de pelo para cubrir una zona calva

CÓDIGO GENÉTICO: Información genética contenida en los veintidós pares de cromosomas y también en los cromosomas "X" y el "Y".

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: Saber obtenido mediante la aplicación del método científico.

CRIMINALÍSTICA: Ciencia que aplica el método y las técnicas de las ciencias naturales en la investigación de los delitos.

CROMATINA: Complejo que contiene ADN y proteínas en el núcleo de la célula.

CROMATOGRAFÍA: Método físico-químico que permite separar los componentes de una mezcla.

CROMOSOMA: Estructura que contiene los genes.

CROMOSOMA SEXUAL: Cromosoma determinante del sexo. Se conoce dos tipos de cromosomas: el "X" y el "Y".

DERMIS: la gruesa capa de tejido vivo situada debajo de la epidermis.

DESCAMACIÓN: peladuras o escamas de la parte superficial de la piel.

DHT (Dihidrotestosterona): Compuesto natural derivado de la Testosterona que actúa como responsable final de la caída del pelo de patrón masculino o calvicie común.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DOBLE-CIEGO: Tipo de ensayo clínico en el cual ni el paciente ni el médico saben qué tipo de tratamiento está recibiendo el paciente.

DISTRÓFICO: Desarrollo defectuoso.

ECCEMA SEBORREICO: Forma de eccema del cuero cabelludo causada por un ligero defecto de las glándulas sebáceas.

ELECTROFORESIS: Técnica que permite separar determinados constituyentes de una solución coloidal al someterlos a la acción de un campo eléctrico.

ESPECTRO DE ABSORCIÓN: Imagen de una luz que ha pasado por varios medios gaseosos, los cuales han absorbido los rayos de que se compone su propio espectro.

ESPECTROFOTOMETRÍA: Determinación cualitativa de la materia que constituye una sustancia por medio de un espectrofotómetro.

ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA: Técnica analítica aplicada en criminalística para determinar la presencia de elementos como plomo, bario, antimonio, etc.

FOLÍCULO PILOSO: Estructura de la piel donde se aloja el cabello.

GENOMA: Conjunto de cromosomas en el núcleo de la célula.

GENOTIPO: Conjunto de factores hereditarios constitucionales de un individuo.

GLÁNDULA SEBÁCEA: Estructura productora de grasa en el folículo.

GRUPOS ENZIMÁTICOS. Grupo de fermentos solubles de naturaleza compleja, que se forma y actúa en el organismo.

HIBRIDACIÓN: Proceso de complementación entre oligos de dos cadenas de ARN y DNA.

HIPERPLASIA: Aumento de volumen de un órgano o un tejido debido al incremento del número de células.

HIPERTRICOSIS: Cantidad excesiva de vello corporal o presencia del mismo en zonas en las que normalmente no hay. Exceso de pelo en zonas en las que no suele existir pelo.

HIRSUTISMO: Proceso originado por los andrógenos en la mujer, en el que crece en exceso el pelo terminal siguiendo un patrón masculino en la cara, el tórax y la región púbica.

INDICIO: Material sensible significativamente de un hecho delictuoso, que permite su reconstrucción así como la identificación de su (s) autor (s).

ISOENZIMA: Una de dos o más formas de una enzima, cada una de ellas con la misma fórmula molecular, pero de estructura química diferente.

LANUGO: Vello muy fino que cubre el feto en el momento de su nacimiento. Pelo muy fino que cubre el cuerpo y las extremidades de los fetos humanos. Es más abundante hacia la 28ª semana de la gestación, y se cae hacia las 40 semanas.

LUGAR DE LOS HECHOS: Escena donde ha ocurrido un ilícito.

LUZ ULTRAVIOLETA: Parte de la luz blanca que, cuando se hace incidir sobre sustancias fosforescentes o fluorescentes, se manifiesta en colores tenues.

MASAS DE BARR: Masa de cromatina que representa un cromosoma condensado que se halla en el núcleo de las células femeninas.

MÉTODO CIENTÍFICO: Proceso lógico y ordenado que los estudiosos de la ciencia observan en el curso de sus investigaciones.

MINIATURIZACIÓN: Término empleado para designar la disminución del tamaño y el diámetro del folículo piloso y del tallo del pelo que aparece durante el proceso de pérdida del cabello.

MINOXIDIL: Un vasodilatador periférico; se emplea como fármaco antihipertensivo y tiene propiedades de estimulación del crecimiento del pelo.

MÚSCULO ERECTOR DEL PELO: Pequeño músculo involuntario que va desde la parte superficial de la dermis hasta el folículo piloso, debajo de la glándula sebácea.

OCCIPITAL: Relativo a la parte trasera de la cabeza.

PAPILA DÉRMICA: Parte central del bulbo piloso.

PARIETAL: Perteneciente o relativo a las paredes del cráneo; en el caso del cuero cabelludo, parietal se refiere a los lados.

PELO TERMINAL: Tipo de cabello más grueso y pigmentado (a diferencia del vello).

PELOS EN SIGNO DE ADMIRACIÓN: Este tipo de pelo aparece típicamente en la alopecia areata. Están rotos, se arrancan fácilmente y tienen la forma terminal del pelo telógeno.

QUERATINA: Albuminoide existente en gran cantidad en las formaciones epidérmicas de los vertebrados terrestres. Proteína que se encuentra en el pelo y en las uñas.

RECESIÓN BITEMPORAL: Expresión que describe la desaparición del pelo de ambas sienes.

SECRECIÓN: Producción de una glándula.

TELEOLÓGICO, CA: Relativo a la Teleología.

TELEOLOGÍA: Parte de la metafísica que estudia las causas finales.

TELÓGENO: Fase de reposo del folículo piloso, que dura aproximadamente 2 semanas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

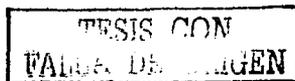
TRICOGRAMA: Estudio al microscopio del bulbo piloso a partir de un número determinado de cabellos (habitualmente 50) para determinar la proporción entre pelos anágenos y telógenos.

VELLO: Pelo fino y de color ténue que se encuentra en algunas zonas del organismo.

VERTEX: El vertex del cuero cabelludo es la coronilla, donde el pelo crece de una forma circular alrededor de la punta de la cabeza.

17. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Thorwald J. El siglo de la Investigación Criminal. Barcelona: Labor S.A.; 1996.
2. Richard S. Forensic Science Handbook. México: Prentice Hall; 1998.
3. Rico MG, Galan GA., editores. Pelos y Fibras, Metodología Científica. México: Instituto Nacional de Ciencias Penales; 1997. p. 34-87.
4. Moreno G.R.. Los indicios biológicos del delito. México: Instituto Nacional de Ciencias Penales, 2000. p. 49-59.
5. Fernández L. Química Aplicada. México: Aguilar;1991. p. 86-91.
6. Evans C. El Casebook de la detección forense Nueva York: Juan Wiley; 1996.
7. Simpson. Medicina Forense. México (D.F.): El manual Moderno S.A. de C.V.;1994.p.117-121.
8. Headley B. Los asesinatos de la juventud de Atlanta y la política de la raza. USA: Prensa Meridional De la Universidad De Illinois;1998.
9. Innes B. Cuerpos de la evidencia. Pleasantville. NuevaYork: Prensa Del Resumen Del Lector; 2000.
10. Saferstein R.. Criminalistics: Una introducción a la ciencia forense. 5to Ed.USA: Prentice Pasillo; 1995.
11. Vargas A.E. Medicina Forense y Deontología Médica, Ciencias forenses para Médicos y abogados. México (D.F): Editorial Trillas S.A. de C.V.;1991.
12. Owen D. Evidencia Ocultada. Cuarenta crímenes verdaderos y cómo ciencia forense ayudada para solucionarlos. Nueva York: Libros De la Luciérnaga; 2000.
13. Clement JL, Hagege R, et al. New concepts about hair identification revealed by electron microscope studies. Journal of forensic sciences. 1979; 24(2): 392-396.
14. Kidwell D. Evidence for bias in hair testing and procedures. Forensic Sci. In.2000; 107: 39-61.
15. Bost R. Hair analysis perspectives and limits of a proposed forensic method of proof. Forensic Sci In. 2000; 63: 31-42.
16. Wennig R. Potencial problems with the interpretation of hair analysis results. Forensic Sci. In. 2000;107: 5-12.
17. Mieczkowski T. Statistical examination of hair color as a potencial biasing factor in hair analysis. Forensic Sci. In. 2000;107: 13-38.



18. Báez H. Drugs in prehistory: chemical analysis of ancient human hair. *Forensic Sci. Int.* 2000;108:173-179.
19. Kolecki H. Identification Features of traces. *Forensic Science Int.* 1990; 46: 7-10.
20. Sachs H. History of hair analysis. *Forensic Sci. Int.* 1997; 84: 7-16.
21. Moeller MR. Hair analysis as evidence in forensic cases. *Ther. Drug Monit.* 1996; 18: 444-449.
22. Harkey MR. Anatomy and physiology of hair. *Forensic Sci. Int.* 1993; 63: 9-18.
23. Cirimele V, Kintz V, Mangin P. Drug concentrations in human hair after bleaching. *J. Anal. Toxicol.* 1995;19: 331-332.
24. Deedrick WD. Hair, fiber to Crime and Evidence 1. (serial online) 2000 July; 2(3):
from:URL: <http://www.Crime-scene-investigator.net>
25. Deedrick WD. Hair, fiber to Crime and Evidence 2. (serial online) 2000 July; 2(3):
from:URL: <http://www.Crime-scene-investigator.net>
26. Deedrick WD. Hair, fiber to Crime and Evidence 3. (serial online) 2000 July; 2(3):
from:URL: <http://www.Crime-scene-investigator.net>
27. Worldwide demand for certain fibers:1994 to 1998, fiber Organon 1999 70 (70): 107.
28. Hicks. *Microscopy of Hair*. Washington (DC): Federal Bureau of Investigation; 1997.
29. Cathing G. *Identification of Vegetable Fibers*. London: Chapman Hall; 1996.
30. Glaiser J. *A Study of Hair and Wools*. El Cairo: misr. Press; 1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN