

7

# ESTUDIO FORENSE DE PELOS

*María Dolores Álvarez Menéndez*  
*Doctora en Veterinaria*

*Julián Mateos Martín*  
*Doctor en Ciencias Ambientales*

## INTRODUCCIÓN

Los pelos son uno de los más importantes recursos forenses y con frecuencia proporcionan valiosas pistas sobre la identidad de un agresor o agresores. Los resultados obtenidos del análisis de pelos pueden ser trascendentales para la vida de una persona o la conducción de una investigación.

El pelo es una formación típica del tegumento de los vertebrados, que se conoce generalmente como piel. La piel es el órgano que separa el organismo del medio que le rodea. Está constituida por varias capas:

1. Epidermis: es la parte más externa, formada por tejido epitelial, de origen ectodérmico y pluriestratificada en los vertebrados.
2. Dermis: está por debajo de la epidermis, de origen mesodérmico. Está formada principalmente por tejido conjuntivo, también capilares, etc. Se separa de la epidermis mediante una lámina basal. Esta lámina es ondulante en vertebrados, cada vez más a medida que se avanza en la filogenia.
3. Hipodermis o panículo adiposo: sólo presente en mamíferos, es una capa inferior a la dermis que acumula células con lípidos llamadas adipocitos.

196

## PELOS

El pelo es un elemento característico de los mamíferos producido en la epidermis y compuesto por queratina que le confiere las propiedades mecánicas de rigidez y resistencia. Cada pelo (Figura 1) se forma en el folículo piloso (invaginación de la epidermis), que contiene la raíz o bulbo engrosada en la base y con células que se multiplican con una gran rapidez, creciendo continuamente en un tallo que se proyecta hacia arriba por encima de la superficie. La zona papilar está compuesta de tejido conjuntivo y vasos sanguíneos, que proporcionan al pelo las sustancias necesarias para su crecimiento.

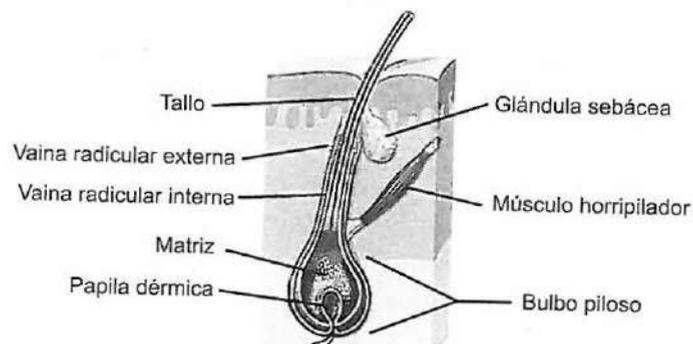


Figura 1. Partes del pelo

Dentro de cada folículo desemboca una glándula sebácea que secreta una sustancia aceitosa constituida por lípidos y ceras que sirve para proteger la piel, actuando como lubricante y como aislante. Existe un manojito de fibras musculares lisas unidas a cada pelo (músculo horripilador o erector). La contracción de los músculos hace que el pelo se erice, cambiando así su ángulo con relación a la piel. Este proceso incrementa visualmente el tamaño del individuo en una reacción de miedo o defensa. Sin circunstancias amenazantes incrementa las posibilidades aislantes de la cubierta del pelo, proporcionando así un mejor abrigo contra el frío, mecanismo poco eficaz en el ser humano, pero patente por resaltar cada folículo formando la llamada «piel de gallina».

El pelo fue considerado siempre por los toxicólogos como un elemento importante para el estudio de determinados tóxicos, fundamentalmente el arsénico y otros compuestos metálicos, debido a sus propiedades. Aunque su aspecto es frágil es prácticamente indestructible, sólo se altera si se quema o trata con ácidos fuertes.

### 1. TIPOS DE PELOS

El pelo recubre el cuerpo de los mamíferos formando el pelaje. Existen distintos tipos de pelo: el pelo de cobertura o principal, el de barba o secundario y el vello. El pelo de cobertura (pelos de guarda o de jarra) es de mayor longitud que el resto de pelos, está pigmentado, por lo que es el responsable de la coloración del animal y se encuentra en abundancia en su cuerpo ya que cumple la función protectora. El pelo secundario desempeña la misma función que el pelo de cobertura pero de forma menos importante. El vello o borra es muy fino y corto, todavía se distribuye en el pelaje con mayores densidades para servir como aislante térmico. Aunque la mayoría de los mamíferos tienen un abundante pelaje, en los mamíferos marinos como los sirénidos (manatíes) y los cetáceos (delfines, ballenas y orcas) apenas existe pelo en su cuerpo, y lo mismo se puede decir del hombre. Sin embargo, todos los mamíferos, sin excepción, tienen pelo en algún momento de su vida.

En el ser humano recién nacido, el cabello carece de médula y su longitud es de unos 20-25 mm; este pelo se pierde dentro de los 6 primeros meses siendo reemplazado por el pelo infantil. Adquiere un aspecto recio entre el tercero y quinto año de vida, con un diámetro de 0,1 mm.

En la pubertad, aparece el pelo puberal, formando el vello púbico, axilar y facial (barba y bigote), que por lo general son crespos. Los pelos faciales se caracterizan por su sequedad, por otra parte el pelo axilar es más delgado que los anteriores, pudiendo llegar a varios centímetros.

En las fosas nasales y conductos auditivos pueden encontrarse pelos no muy largos, pero tan recios como los de la barba.

197

## 2. FUNCIONES DEL PELO

En conjunto, el pelo sirve, sobre todo, para mantener constante la temperatura del cuerpo del animal con la constitución del pelaje. Así el pelaje sirve para proteger a los animales del frío o del calor, este ejemplo lo podemos ver en la chinchilla. La chinchilla puede resistir un abanico muy grande de temperatura, ya que resiste temperaturas desde  $-5^{\circ}\text{C}$  hasta  $30^{\circ}\text{C}$ . El pelaje también protege la piel de las agresiones del medio, es decir, de los rasguños y del exceso de radiación ultravioleta (UV). Sin embargo, el pelo también desempeña otras funciones como la de proporcionar información sensorial con las vibrisas o la de defensa con las púas de los erizos.

198

## 3. ESTRUCTURA DEL PELO

Cada especie animal posee un pelo característico en longitud, color, forma, apariencia de la raíz, y características internas microscópicas que distinguen a un animal de otro. También existe una considerable variabilidad en los tipos de pelos que se encuentran en el cuerpo de un animal. En los seres humanos, los pelos encontrados en la cabeza, la región púbica, los brazos, las piernas y otras zonas del cuerpo tienen características que permiten determinar su origen. Los animales incluyen tipos de pelos gruesos externos de guarda, pelos finos de borra, vibrisas de los bigotes u otras localizaciones y otros pelos de la cola y la crin.

La estructura del pelo es fundamental en medicina legal para distinguir si el pelo es animal o humano, de varón o de mujer, de qué raza, de qué parte del cuerpo e incluso la edad del individuo. Todos los pelos son diferentes y por ello es muy útil para distinguir a las personas en casos conflictivos legales. Debido a que los pelos pueden ser transferidos durante el contacto físico, su presencia puede asociarse a un sospechoso o a una víctima de una escena del delito. Los tipos, la condición y el número de cabellos encontrados tienen valor como prueba en una investigación criminal. La comparación de los mismos al microscopio ayuda a determinar cómo pudo haber ocurrido una transferencia.

Longitudinalmente, el pelo se estructura en 4 partes: bulbo piloso, raíz, tallo y punta. Transversalmente, el pelo se divide básicamente en 3 capas: cutícula o escamas, corteza o córtex y médula.

La cutícula es la capa más externa, puesto que envuelve a las otras dos y protege al pelo de las agresiones externas. El córtex está constituido por fibras de queratina, por lo que es la capa que proporciona la resistencia al pelo y contiene los pigmentos que le dan color. La médula es la capa interior y guarda una gran cantidad de aire que proporciona al pelo las características aislantes.

La médula, formada por células queratinizadas laxamente unidas, está presente solamente en los pelos más gruesos (pelo de jarra). El espacio intercelular está lleno de aire. La médula puede ser continua o interrumpida. Es continua en una gran cantidad de animales y generalmente interrumpida en humanos, monos y caballos (Figura 2).

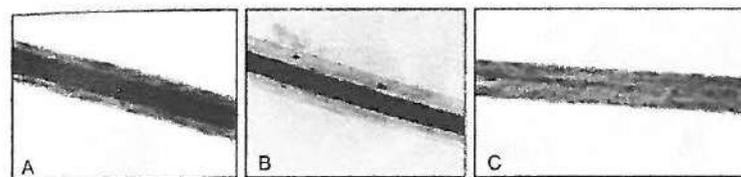


Figura 2. Pelo de ganado (A), perro (B) y humano (C)

El diámetro de la médula puede ser constante o variable. La medida útil es la obtenida por la razón entre el diámetro de la médula y el diámetro del pelo completo en su punto más grueso, medido con un microscopio óptico dotado de ocular micrométrico, denominada índice medular, I. En los cabellos humanos masculinos se encuentran valores promedios de índice medular de 0,25-0,35 y en las mujeres, inferiores a 0,20.

De acuerdo con este índice, el pelo se puede dividir en 3 grupos:

- Pelo de médula angosta: menos de 0,5 (pelos humanos y de monos).
- Pelo de médula mediana: aproximadamente 0,5 (animales bovinos, equinos y otros).
- Pelo de médula gruesa: más de 0,5 (resto de animales).

Algunos pelos humanos muestran una médula angosta y a menudo interrumpida; otros, especialmente los femeninos, son amedulares.

La médula está rodeada por la corteza y fuertemente adherida a ella. Sus elementos son células corticales en forma de aguja que se alinean en una formación regular paralela al eje longitudinal del cabello. El córtex tiene mayor importancia forense ya que contiene los gránulos pigmentados que originan el color del cabello. El color y la distribución de estos gránulos dan al criminalista importantes puntos de comparación entre cabellos humanos. En la corteza se fijan la mayoría de los gránulos de pigmento.

La superficie está cubierta con un tegumento protector, la cutícula, en la que las células especialmente queratinizadas forman 6-8 capas. Buena parte de la resistencia y estabilidad del pelo se atribuye a la cutícula. Las células de la capa externa pueden estar adheridas o bien separadas en las porciones terminales, formando escamas superpuestas que siempre apuntan hacia la punta del pelo (Figura 3). Existen diferentes tipos de escamas: imbricadas, dentadas, cernadas, ovaladas, acuminadas, etc. (Figura 4). En el hombre, la cutícula es suave, poco saliente y con escamas imbricadas. En animales son gruesas y poco imbricadas.

199

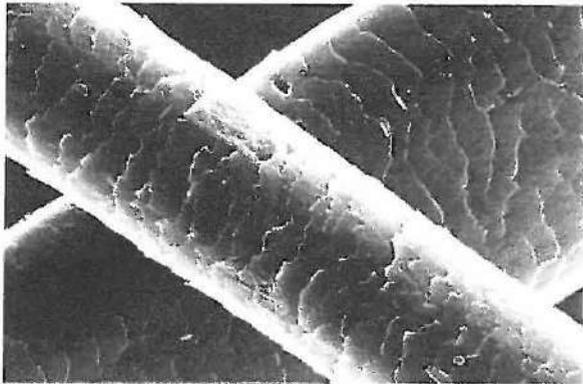


Figura 3. Escamas del pelo

200

Para el análisis del pelo humano es importante determinar el índice escamoso que es la cantidad de escamas por unidad de longitud. Aunque los índices son muy similares y no existe gran variedad para distintos individuos, es útil en algunos casos para descartar un cabello de otro origen al que se estudia.

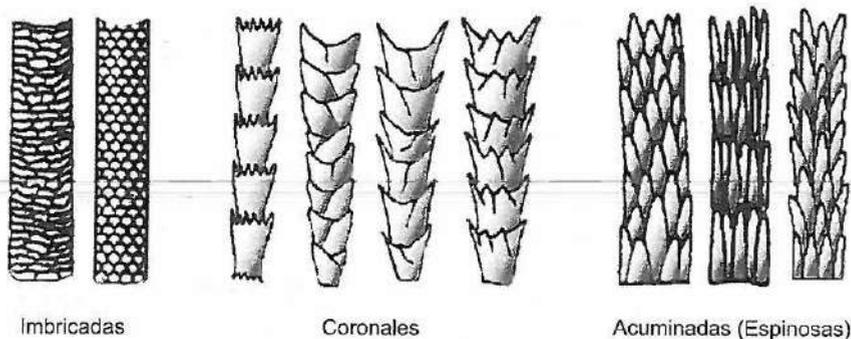


Figura 4. Tipos de escamas de la superficie del pelo

Los métodos de estudio de la cutícula son variados: puede observarse al microscopio agregando una gota de agua, con o sin decoloración previa, se puede teñir con azul de metileno o se pueden obtener moldes de su superficie por embebido del pelo en un medio flexible como esmalte de uñas, solución vinílica o plexiglás en cloroformo.

Independientemente de su origen, el pelo posee ADN en la raíz, que es el lugar donde se encuentran células que dan origen al tallo. La cantidad que hay en cada pelo es muy pequeña, por lo que deben extremarse al máximo las medidas de precaución en su recogida. Cuando los pelos han sido arrancados violentamente del cuerpo, es posible encontrar más cantidad de ADN ya que hay células de la superficie de la piel que resultaron arrancadas junto con la raíz capilar.

La mayoría de los medios de extracción de ADN de la raíz capilar destruyen tanto la raíz como el resto del pelo, y todos los métodos alteran sensiblemente las características del mismo, por lo que, antes de proceder a extraer el ADN, es necesario realizar un análisis morfológico con lupa y microscopio de los cabellos de los que se vaya a extraer ADN, realizando cuantas fotografías sean necesarias.

## MICROSCOPIA DEL PELO

El examen de los cabellos humanos en el laboratorio forense se suele llevar a cabo mediante el uso de la microscopía óptica. El examen involucra un proceso de 2 pasos: la identificación de los pelos sospechosos y su comparación con pelos conocidos con el propósito de determinar si 2 o más personas podrían haber entrado en contacto con un objeto. Esta prueba asociativa es especialmente útil en los delitos de violencia, como el homicidio, asalto sexual, asalto agravado y en caso de contacto físico. La morfología de un pelo aislado es diferente si se ha caído espontáneamente o si ha sido arrancado (Figura 5). También en delitos como el robo y el robo a mano armada se pueden recuperar restos de ropa u objetos que puedan contener pelos útiles para la identificación de los sospechosos.

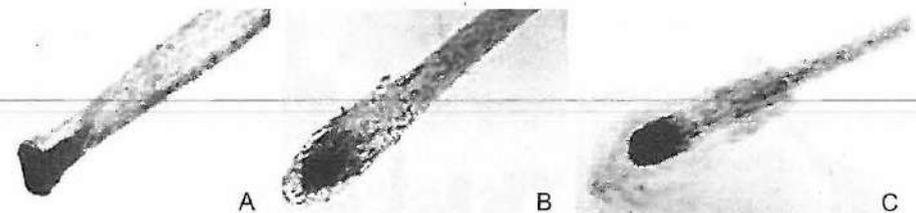


Figura 5. Aspecto microscópico de raíces de pelo desprendido (A), arrancado por la fuerza de un secador (B) y arrancado mediante tirón (C)

El valor de estas pruebas se relaciona con la variabilidad de las características del cabello entre los individuos de la población, que puede ser visualizado utilizando la microscopía de comparación (Figura 6). El microscopio de comparación consiste en dos unidades de microscopía óptica conectadas mediante un puente óptico, de manera que permite la visión simultánea de dos muestras distintas.

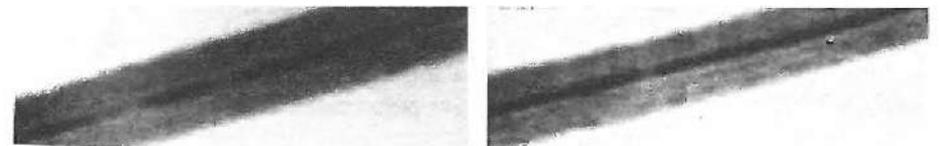


Figura 6. Comparación microscópica de pelos

201

Hay muchos factores que influyen en la fiabilidad de una asociación, incluida la experiencia, la formación, las limitaciones de las normas conocidas de pelo y la adecuación de los equipos. Aunque las pruebas de pelos son instrumentos valiosos para la identificación de cuerpos, es difícil establecer una probabilidad estadística para una asociación concreta debido, en parte, a la escasez de evaluaciones cuantitativas fiables de las características microscópicas presentes en los pelos.

El proceso del examen de pelos implica diferentes pasos, el primero de los cuales es determinar si el pelo en cuestión procedía de un animal o de un ser humano. Si el pelo es de origen animal, es posible identificar la especie de animal, aunque no excluyendo a otros individuos de la misma especie. Un ejemplo es cuando un pelo de perro se puede asociar a una determinada raza, pero no identificar un perro concreto dentro de esa raza.

El pelo está presente en diferentes regiones del cuerpo. Cada región, como la cabeza, pubis, tórax, axila y extremidades, tiene pelos con características microscópicas atribuibles a esa región. Aunque es posible identificar un pelo como procedente de una determinada zona corporal, las regiones del cuerpo que se utilizan principalmente en comparaciones forenses son los de la cabeza y zonas púbicas. Como los pelos están sometidos a un crecimiento cíclico, las características microscópicas visibles son también suficientes para determinar la fase de crecimiento del pelo.

La morfología básica de pelos humanos se comparte en todos los individuos de una población, pero el orden, la distribución y el aspecto microscópico de las diferentes regiones del pelo tienen distintas características, lo que habitualmente permite que personal cualificado pueda diferenciar entre pelos de distintas personas. Una analogía sería la capacidad de un individuo para reconocer la cara de un amigo o familiar en mitad de una multitud, aunque cada persona en la multitud posee dos orejas, dos ojos, una nariz y una boca.

## PELOS DE ANIMALES

Los pelos de animales descubiertos dentro de pruebas físicas pueden vincular a un sospechoso o situar un crimen de violencia. Pelos de gato o perro se pueden encontrar en la parte adhesiva de los sobres y en las notas de extorsión preparadas por propietarios de animales de compañía. La transferencia de pelos a la víctima o a la escena del crimen puede ocurrir también cuando el sospechoso es propietario de animales de compañía y tiene pelos de ellos en la ropa o sobre sí mismo cuando se produce el contacto. Esto se conoce como transferencia secundaria de rastro material.

Cuando se encuentra un pelo animal, se identifica como perteneciente a un determinado tipo de animal por comparación microscópica con una muestra de pelo conocido, ya sea de una colección de pelos de referencia o de un animal específico. Si el pelo en tela de juicio presenta los mismos caracteres microscópicos que el pelo conocido, se concluye que el cabello es coherente con los que

procedan de dicho animal. Se observa, sin embargo, que pelos de animales que no poseen suficientes características microscópicas individuales para asociarlos con un animal particular, no excluyen la pertenencia a otros animales similares.

Antes de llevar a cabo una comparación, es necesario tener una adecuada colección estándar de pelos conocidos de animales. A causa de las variaciones en el color y la zona del cuerpo de un animal, se deben recoger pelos de cada zona. Si bien el número mínimo de pelos para crear una muestra significativa es difícil de determinar, el buen juicio debe servir de guía en la recogida de suficientes pelos para representar a los diversos tipos y colores. La muestra debería contener pelos de distinta longitud y pelos tanto desprendidos como arrancados. Si el animal no está disponible para la recogida de muestras, se puede sustituir por los recogidos de un cepillo o peine utilizado para el animal. En el caso de perros o gatos, también se puede utilizar los recogidos de la cama de estos animales.

	Pelo humano	Pelo animal
Canal medular	Red aérea granulosa. Células medulares indivisibles. Índice medular: 0,30. Pelos del vello: sin médula.	Contenido aéreo más o menos voluminoso. Células medulares aparentes. Índice medular: 0,50. Médula en escalones en los pelos del vello.
Sustancia cortical	Forma un grueso manguito. Pigmento en granulaciones regulares finas.	Constituye un cilindro hueco. Pigmentos en granulaciones irregulares más gruesas.
Cutícula	Escamas delgadas poco salientes. Pequeñas e imbricadas.	Escamas gruesas, salientes. Menos imbricadas que en el hombre.

Tabla 1. Diferencias entre pelos humanos y de animales

Los pelos de animales encontrados en la escena del crimen, o en la ropa de los sospechosos y las víctimas, también pueden tener su origen en una prenda de piel. Estos pelos pueden haber sido teñidos artificialmente o recortados y, a menudo, no tienen raíz. En este caso, es conveniente tener un muestrario estándar de todos los tipos de pelos de animales utilizados en prendas de vestir para poder hacer la comparación.

## PELOS HUMANOS

Como se dijo anteriormente, el contacto físico puede dar lugar a la transferencia de pelos. Pueden transferirse directamente desde la región del cuerpo donde crecieron (transferencia primaria) o a través de la ropa o el entorno

(transferencia secundaria), ya que cada individuo pierde diariamente alrededor de 100 pelos de la cabeza. Los pelos que se encuentran sobre una víctima o un sospechoso y que parecen haberse caído naturalmente pueden ser el resultado de una transferencia primaria o secundaria, pero la aparición de pelos arrancados sugiere una confrontación violenta.

1. DETERMINACIÓN RACIAL

Resulta de gran importancia forense poder determinar, por medio del pelo, la raza o grupo racial al que pertenece una muestra sospechosa. Existe una numerosa variabilidad racial en la especie humana, relacionada con las diferentes zonas geográficas en las que se han establecido. Aunque los patrones de distribución geográfica siguen teniendo validez, actualmente se pueden encontrar representantes de cada grupo racial casi en cualquier parte del mundo. Existen muchas clasificaciones de las razas, pero la más aceptada es la siguiente:

204

1.1 Grupo leucodermo o caucasoide (razas nórdica, esteuropea, alpina, dinárica, mediterránea, anatolia, turania, blanca suroriental, indoafgana y ainú)

Los pelos del cuero cabelludo de origen caucásico difieren en textura, forma y grado de pigmentación (Figura 7).

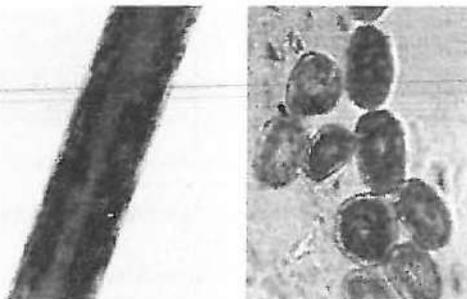


Figura 7. Microscopía de cabello caucasoide

Los cabellos lisos tienen un calibre regularmente liso, que decrece gradualmente cerca de la punta. Otros pelos pueden ser ondulados o rizados, mostrando un aumento gradual de la ondulación; su diámetro decrece alternadamente a lo largo de su longitud, y la médula de tipo interrumpida puede hallarse ligeramente excéntrica. En ambos tipos el pigmento varía en intensidad, pero está concentrado en las porciones periféricas de la corteza. En la mayoría de los casos los gránulos pigmentados son oscuros y la cantidad de tales gránulos determina su color a simple vista, ya sea rubio, rojo u oscuro. La sección es circular u oval y la médula es de pequeña a mediana, con gránulos pigmentarios distribuidos uniformemente.

1.2 Grupo xantodermo o mongoloide (razas norsiberiana, mongólica, indonesia, polinesia, esquimal y amerindia)

Cabello generalmente grueso, recto y de sección circular, de mayor diámetro que los otros grupos raciales, con tallos muy pigmentados, con la médula situada en el centro y con mayor diámetro que el de otras razas (Figura 8). El córtex contiene gránulos de pigmento de mayor tamaño que los de raza caucásica y a menudo se agrupan en zonas irregulares. La cutícula es más gruesa que en las otras razas. Pueden tener un aspecto rojizo característico debido a su pigmento.

205

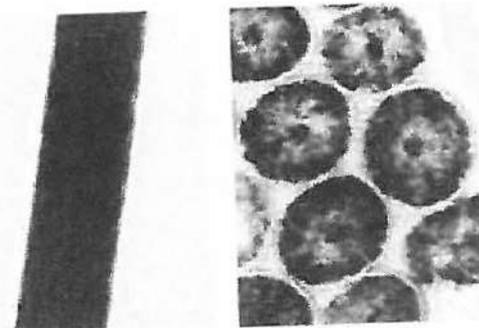


Figura 8. Microscopía de cabello mongoloide

1.3 Grupo melanodermo o negroide (razas melanoafricana, etíope, negrilla, khoisánida, melanoindia, melanesia y negro)

El pelo de la raza negra o africana es normalmente enortijado, retorcido y negro, variando mucho su calibre a lo largo de toda su extensión, ya que crece y decrece su diámetro alternativamente (Figura 9). Una gran cantidad de pigmento se encuentra en la corteza, brindando un color negro intenso opaco. El cabello, en sección transversal, es oval y estrecho o puede ser casi plano; el canal medular está situado en forma excéntrica. Los gránulos de pigmento son más grandes que los de caucásicos y mongoloides y se juntan en grupos de diferentes tamaños y formas. La densidad del pigmento en el eje del pelo puede ser tan grande como para hacer el cabello opaco.

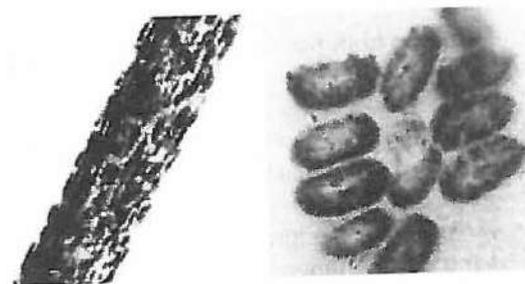


Figura 9. Microscopía de cabello negroide

#### 1.4 Grupo australoide (raza australiana y raza vedda)

En general coincidentes con las razas melanodermas, aunque se da la peculiaridad de que pueden aparecer con cierta frecuencia individuos con la cabellera rubia, sobre todo durante la infancia.

Un pelo se puede asociar a un determinado grupo racial sobre una base de modelos establecidos para cada grupo. La técnica consiste en realizar una inclusión del pelo en parafina o resina de poliéster y luego efectuar cortes transversales con la ayuda de un microtomo para su análisis microscópico. Sin embargo, la determinación racial mediante el examen microscópico del pelo puede ser difícil en el caso de personas de origen racial mixto, que pueden poseer características microscópicas atribuibles a más de un grupo racial. El pelo de los niños también plantea muchas dificultades.

Los pelos del cuero cabelludo proporcionan el criterio más seguro para identificar la raza, ya que permiten una mejor diferenciación que los de otras partes del cuerpo, aunque los de otras regiones corporales pueden ser útiles.

La identificación de la raza es más útil como instrumento de investigación antropológica, pero también puede ser una herramienta asociativa muy útil cuando se dispone de pelos de un individuo con inusuales características raciales.

#### Pigmentación racial del pelo

Numerosos antropólogos físicos han intentado aplicar escalas cromáticas del cabello a la categorización y clasificación de las razas humanas. Sin embargo, resulta obvio que una clasificación de este tipo está sometida a una casuística tan amplia que no admite clasificación sencilla, existen demasiadas variables. El color del pelo cambia con la edad, el de las personas rubias suele oscurecerse a medida que crecen mientras otros tipos de cabello se aclaran. La canicie es frecuente y precoz en los pueblos blancos o leucodermos, más tardía e infrecuente entre los melanodermos y xantodermos, y excepcional entre los indios de América. El color del cabello puede cambiar también por la influencia de factores climáticos, de tiempos de exposición al sol, de enfermedades, etc., sin contar con los medios de tratamiento o de coloración artificial que practican muchas sociedades de todo el mundo, y que suele cambiar también (y no sólo a nivel superficial) su calidad y morfología.

Aunque puede afirmarse que, por lo general, los pueblos xantodermos y melanodermos tienen el pelo negro (salvo algunas poblaciones australianas en las que hay niños rubios), entre los pueblos leucodermos la variabilidad es extraordinaria, y puede oscilar entre matices muy distintos, desde el rubio claro al negro. Si bien el rubio es más típico de las poblaciones del norte y del oriente de Europa, así como de Norteamérica, suele haber una cantidad significativa de personas rubias en cualquier población leucoderma. El color castaño aparece en todas partes, y el moreno también, aunque sea más característico de los mediterráneos.

## 2. DETERMINACIÓN DE LA ZONA

Para determinar la región del cuerpo de la que proviene el pelo, se considera la longitud, el diámetro, la forma de la punta, la rigidez, el rizado, el color, el material que cubre la superficie y la forma de la sección transversal. Así tendremos vello facial, púbico, de las extremidades, de la cabeza (frente, sienes, nuca, patillas), de las axilas, del pecho, cejas, pestañas, etc. (Figura 10).

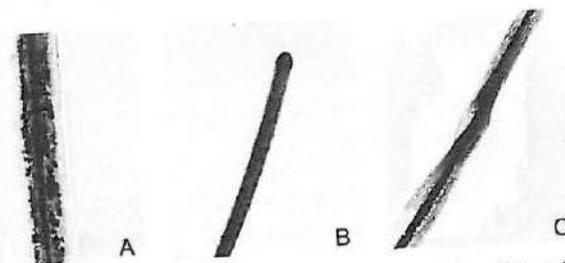


Figura 10. Pelos faciales (A), de las extremidades (B) y púbicos (C)

### 2.1 Pelos de la cabeza

Los pelos de la cabeza suelen ser los más largos. Se caracterizan por tener un diámetro homogéneo y, a menudo, la punta cortada con tijeras, navaja o maquinilla, cada una de las cuales presenta un truncamiento característico. Cuando no se han cortado acaban en punta, sin truncamiento. En general, los pelos de la cabeza son más susceptibles de alteración que los pelos de otras regiones corporales. Además de la apariencia natural del cabello hay que tener en cuenta el uso de tintes, aclarados, permanentes, y otras aplicaciones químicas, así como las alteraciones ambientales como la exposición excesiva al sol, viento, sequedad, etc.

Los pelos de la cabeza se comparan rutinariamente en los laboratorios forenses. Es importante obtener lo antes posible muestras adecuadas de los sospechosos conocidos y de las víctimas y, si es posible, de otras personas involucradas (muestras de eliminación). La muestra deberá contener cabellos de diferentes zonas aleatorias del cuero cabelludo. El número de pelos necesarios para una comparación significativa puede variar en función de la homogeneidad de las características del pelo, pero la muestra debería ser al menos de 25 pelos enteros. Debe incluir tanto pelos arrancados como peinados, y guardados por separado.

### 2.2 Pelo púbico

Los pelos del pubis también son comparados habitualmente en un laboratorio forense. Al igual que con pelos de la cabeza, existe una variación considerable entre los individuos en la población, pero no están sometidos a tantos cambios como los pelos de la cabeza, por lo que una muestra tomada un año o más después de un crimen puede servir para una comparación significativa. Se recomienda obtener la muestra lo antes posible y contener por lo menos 25 pelos enteros tomados en distintas zonas de la región púbica.

### 2.3 Pelo facial

Se denomina comúnmente, según su situación, barba o bigote. Es grueso y puede tener una sección transversal triangular. Bajo aumenfo pueden observarse engrosamientos o depresiones. Otras características incluyen una médula más desarrollada y la punta truncada por el corte a navaja.

La presencia de pelos faciales en la ropa de un sospechoso o víctima puede ayudar a establecer el contacto entre estas personas y pueden ser comparados microscópicamente. No son tan importantes como el pelo de la cabeza y el vello púbico.

### 2.4 Pelo de las extremidades

Los pelos de las piernas y de los brazos son más cortos, de forma arqueada y, a menudo, dañados o con la punta cónica. El pigmento tiene apariencia granular y la médula es discontinua. Aunque no suele hacerse una comparación rutinaria de estos pelos en los laboratorios forenses porque no tienen un valor tan significativo, pueden ayudar en la investigación.

## 3. PILOSIDAD, FORMA Y CALIDAD RACIAL DEL CABELLO

La forma, cantidad y distribución de la pilosidad humana (mucho menos abundante y densa que la de la mayoría de los mamíferos) son factores también tan variables que es imposible establecer correlaciones precisas entre ellas y los distintos tipos raciales.

Muchos individuos caucásicos o leucodermos de tonalidad morena tienen una pilosidad abundante, los de tonalidad rubia la tienen más escasa, y es todavía más escasa entre melanodermos. Los mongoloides o xantodermos y, especialmente, los indígenas amerindios, son casi lampiños, tanto en lo que respecta al rostro como al cuerpo.

## 4. DETERMINACIÓN DE LA EDAD Y EL SEXO

La edad de un individuo no se puede determinar de forma concluyente por un examen microscópico del pelo, aunque algunos pelos humanos, como los de los lactantes y los ancianos, pueden dar una idea general de la edad. Por ejemplo, los pelos de los lactantes son más finos y menos diferenciados a nivel microscópico. Los ancianos pueden sufrir una pérdida de pigmentos y cambios en la configuración del pelo, que se hace mucho más fino y de diámetro variable.

La determinación del sexo mediante pelos encontrados en el lugar del hecho se basa en la tinción diferencial de los cromosomas sexuales, que se hallan en la interfase de los núcleos de las células de la vaina de la raíz del pelo. En el núcleo de las células somáticas femeninas aparece una masa condensada de cromatina sexual, el corpúsculo de Barr (Figura 11). Según la hipótesis de la

genetista británica Lyon, uno de los dos cromosomas X en cada célula somática femenina es genéticamente inactivo. El corpúsculo de Barr representa el cromosoma X inactivo. Esto ocurre (la inactivación) alrededor del 16º día del desarrollo embrionario. El proceso se denomina lionización.



Figura 11. Corpúsculos de Barr en frotis de cabello

Su detección se realiza haciendo un frotis con la raíz del pelo y tiñéndolo con orceína en medio acético. Por transparencia en campo claro, aparece el citoplasma de color rosado pálido y el núcleo rojo más oscuro con una clara y definida membrana nuclear. El cuerpo de Barr se observa como un corpúsculo pequeño, castaño oscuro, cercano a la membrana nuclear. Si el 30% de las células contienen corpúsculos de Barr, se considera que el pelo es de origen femenino.

En el caso del hombre, el cromosoma Y tiene gran afinidad con el clorhidrato de quinacrina, apareciendo como una mancha fluorescente y brillante de color verde. Otra forma consiste en impregnar la raíz del pelo con solución de leucofucsina y observar la fluorescencia. En ambos casos, la presencia de un porcentaje igual o mayor al 30% de células fluorescentes determina el origen masculino de la muestra. Aunque la determinación del sexo de un individuo es difícil mediante microscopía, los pelos teñidos o tratados son más frecuentes en las mujeres. El análisis del ADN nuclear y del ADN mitocondrial proporcionan una información más específica en relación con el posible origen de los cabellos.

## 5. PELO TEÑIDO

El pelo con algún tratamiento artificial de coloración presenta uniformidad en su tonalidad; además, generalmente no está teñido en la parte próxima a la raíz. A menudo falta el brillo y presenta aspecto quebradizo. Se puede identificar mediante examen microscópico. En la medida en la que el pelo de la cabeza va creciendo, a razón de un centímetro por mes, el tiempo aproximado de este tratamiento se puede determinar por la medida de la longitud de la zona sin tratamiento del cabello.

La lámpara de Wood, que emite radiación ultravioleta a una longitud de onda de entre 320-400 nm, ayuda a la identificación de los cabellos decolorados y teñidos; es interesante comprobar la diferente fluorescencia entre el tallo del pelo y la región próxima a la raíz. Es muy importante comparar el color del cabello con pelos de otras partes del cuerpo y también examinar el color del cuero cabelludo, que puede estar manchado del tinte utilizado. Bajo la lámpara de Wood, el cabello teñido aparece sin brillo y con aspecto de estopa, los cambios cromáticos y la fluorescencia ayudan en el aspecto pericial.

Las tinturas pueden reconocerse mediante las técnicas analíticas correspondientes, no olvidando que en la composición de cada tonalidad intervienen 4-5 tintes orgánicos distintos.

Conviene recordar que las tinturas de oxidación pueden fijarse en el cabello con o sin decoloración previa, según la tonalidad elegida, y en la fijación con esa tonalidad interviene siempre el agua oxigenada como elemento mordiente propiamente dicho. De este modo, para establecer si un cabello ha sido decolorado o no, se lo somete a la prueba de la infiltración o impregnación de ciertos colorantes. Los cabellos naturales claros son resistentes; en cambio, los decolorados por acción de los decolorantes u oxidantes se impregnan fácilmente.

Los pelos que habían sido decolorados con agua oxigenada toman un color azul, mientras que los naturales y los tratados con tinturas no oxidantes, resultan indiferentes al tratamiento. Típicamente, el técnico realiza una comparación del color mediante observación simultánea del pelo problema con un pelo conocido tratado y teñido con los mismos productos.

## 6. PELO QUEMADO, CORTADO, CAÍDO O ARRANCADO

La identificación de pelos quemados, cortados o triturados también puede efectuarse a través de un examen microscópico.

Es muy importante conocer la temperatura a la cual se quema el pelo. El calor produce alteraciones microanatómicas del pelo, indicando éstas si el cabello fue sometido a la llama o al calor radiante. A 100 °C, el cabello se acorta y pierde peso; comienzan a sufrir alteraciones en su microestructura hacia los 140-200 °C; a esta temperatura las burbujas aéreas, en la sustancia medular, aumentan de tamaño y estallan, venciendo la resistencia de la cutícula. A 260 °C comienza la carbonización, la cual es completa a los 300-400 °C. Estos datos son útiles para determinar a qué temperatura ha sido expuesto el cuerpo de la víctima.

Los reconocimientos histológicos se pueden efectuar en pelos calentados hasta no más de 200-250 °C, pasados los cuales la carbonización impide la determinación de la microestructura del tallo piloso.

El pelo recién cortado muestra el extremo seccionado, con bordes limpios, netos, formando ángulos agudos; pasados 3 días, la punta comienza a redondearse. El que cae espontáneamente muestra un bulbo lleno, bien formado porque ha completado su ciclo. Los que tienen bulbo hueco o excavado no han llegado a su completo desarrollo: esto indica que han sido arrancados. Cuando el pelo ha sido arrancado de forma violenta, aparecen en la raíz partículas o células de la piel adyacente. En este caso, el pelo se puede someter a un análisis de ADN, ya que la muestra se extrae de las células de la piel que están adheridas al bulbo.

Los pelos procedentes de otras zonas del cuerpo que no sean cabeza o zona púbica, en general, no son aptos para una comparación significativa, se consideran muestras secundarias cuya presencia puede ayudar a corroborar la información obtenida durante una investigación.

## 7. DETERMINACIÓN DEL GRUPO SANGUÍNEO

Para determinar el grupo sanguíneo, las técnicas de elección son las de absorción-elusión que determinan el origen de la sangre y tipifican el grupo sanguíneo. Consiste en cortar 6 cm del pelo en estudio en 3 fragmentos iguales y, después de haber sido lavado con jabón y éter, cada trozo se deja 3 h con su antisero correspondiente (anti a, anti B y anti H) de títulos 128, 64 y 32 respectivamente, con agitación constante (etapa de absorción). Luego se lavan los trozos de pelo con solución salina; se agregan suspensiones de 0,2% de glóbulos rojos correspondientes al antisero colocado inicialmente. Se someten los trozos de pelo en contacto con los glóbulos rojos a una temperatura de 50 °C durante 10 minutos y se completa la etapa de elución con la ayuda de vibraciones ultrasónicas. Finalmente se centrifuga a 120 G durante 2 minutos y se observa la aglutinación formada.

## 8. ALTERACIONES DEL PELO DEBIDAS AL MEDIO AMBIENTE

El aspecto microscópico de los pelos se ve afectado por las fluctuaciones naturales biológicas y las influencias ambientales. Los pelos de la cabeza son los más afectados por estos factores, mientras que sobre los pelos del pubis, protegidos por la ropa, tienen menos influencia. Un período de tiempo de varios meses o años de exposición en los pelos de la cabeza puede restar significación en el examen comparativo, mientras que varios años en el vello púbico no se ve afectado de forma significativa.

Cuando los pelos tienen su origen en un cuerpo en estado de descomposición, puede aparecer una banda oscura cerca de la raíz del pelo. Esta característica se ha denominado banda radicular postmortem.

## ANOMALÍAS DEL PELO

### 1. ANOMALÍAS DEBIDAS A ENFERMEDADES NODULARES DEL PELO

Las enfermedades nodulares son el resultado de una atrofia que se produce espontáneamente o que es provocada por una acumulación de parásitos que rodean y comprimen el tallo del pelo. Según la enfermedad, éste sufre diferentes cambios morfológicos que se conocen con el nombre de displasias pilosas (Figura 12). Entre las displasias pilosas más importantes se encuentran las siguientes: cabello anillado (*pili annulati*), moniletrix, cabellos en torsión (*pili torti*), trico-

trixis nodosa, tricoptilosis, pseudomoniletrix, tricorrexis invaginata (síndrome de Netherton) y *pili bifurcati*.

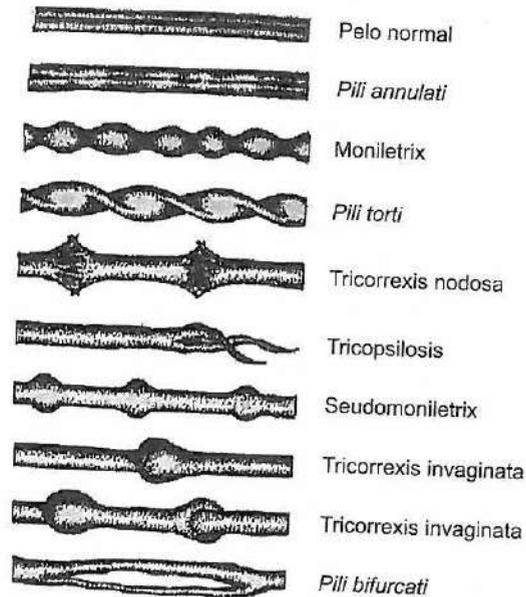


Figura 12. Displasias pilosas

2. PARASITOSIS EXTERNAS QUE SE DESARROLLAN SOBRE EL PELO

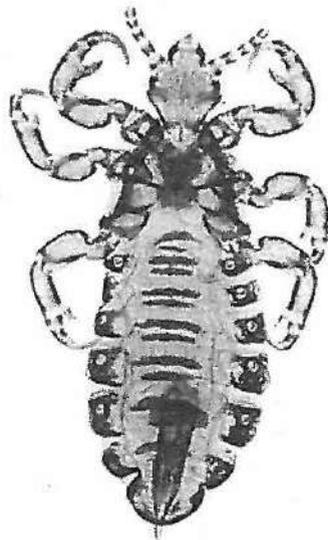


Figura 13. Piojo (*Pediculus capitis*)

2.1 *Pediculosis*

Se trata de una infestación contagiosa del pelo por insectos anopluros. Las 2 especies que parecen sobre pelo humano son los piojos y las ladillas.

a) *Piojos (Pediculus humanus capitis)*

Insectos adaptados a vivir específicamente sobre el pelo de la cabeza del ser humano. Los machos adultos miden entre 2,4-4,2 mm. de longitud, las hembras y entre 2,4-3,3 mm (Figura 13). El cuerpo es alargado y en general aplastado, al menos cuando está sin alimento. La cabeza es libre y los ojos bien desarrollados. Las patas son gruesas y terminan en una garra y una uña. El color de estos parásitos depende de la pigmentación de la piel del hospedador. Se distinguen dos tipos de piojos: piojos de los vestidos y piojos de la cabeza. Los primeros viven entre los pliegues de la ropa, principalmente refugiados en las costuras. Los piojos de la cabeza viven en el pelo fino de la cabeza.

La hembra pone entre 50-150 huevos alargados, de 0,6-0,8 mm de largo, conocidos como liendres, adheridos fuertemente al pelo (Figura 14).

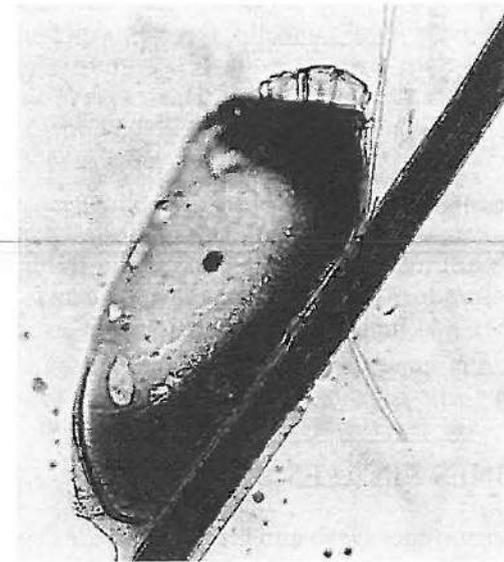


Figura 14. Liendre

b) *Ladillas (Phthirus pubis)*

Al igual que los piojos, son insectos adaptados a vivir de forma parásita sobre el ser humano, aunque en este caso sobre el vello púbico y, excepcionalmente, se pueden encontrar en las axilas, cejas, pelo de brazos y piernas e, incluso, en las pestañas. Tiene entre 1-3 mm de longitud, cuerpo redondeado, aplastado y de color amarillento (Figura 15). Sus huevos o liendres pueden verse en el pelo, cerca de la piel, en forma

de incubación de los huevos es de 6-8 días. En otros idiomas suele denominarse literalmente «piojo del pubis». A diferencia del piojo de la cabeza, son muy lentos moviéndose, avanzando cada día aproximadamente 1 cm.

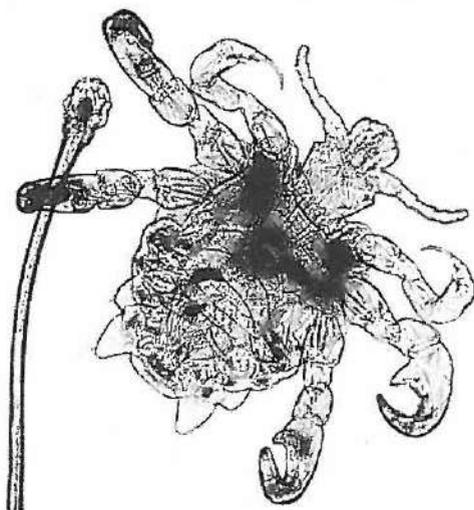


Figura 15. *Ladilla* (*Phthirus pubis*)

## 2.2 Otras anomalías

Existen otras anomalías del tallo: la médula doble, índices medulares anormalmente elevados, raíces deformadas y escamas salientes en el margen cuticular, pero su incidencia en la población es muy baja, cuando no anecdótica.

## CONCLUSIONES FINALES

Hay varias conclusiones posibles a las que se puede llegar desde un examen y comparación microscópica de pelos humanos. Cuando el pelo en tela de juicio es comparado con pelo conocido utilizando un microscopio de comparación, se debe considerar la gama completa de características microscópicas en toda su longitud. A partir de este análisis, el técnico podrá extraer las siguientes conclusiones:

- Si el pelo en examen presenta los mismos caracteres microscópicos que el pelo de la muestra conocida o colección de referencia se puede concluir que tiene el mismo origen y/o procedencia.
- Si el pelo en examen difiere en los caracteres microscópicos que el pelo de la muestra conocida o colección de referencia no puede asociarse un mismo origen.

- Si se observan similitudes y pequeñas diferencias entre los pelos de la escena del delito y los de la muestra conocida o colección de referencia, no podría llegarse a la conclusión segura de si el pelo procede de la misma fuente conocida.
- Cuando un pelo exhibe las mismas características microscópicas que los de la colección de referencia, puede añadirse una declaración calificatoria en el informe. Esta declaración podría ser de forma similar a la siguiente:

«Las comparaciones de pelo no son una base para la identificación personal absoluta. Cabe señalar, sin embargo, que es sumamente raro encontrar pelos de dos personas (o animales) que presenten las mismas características microscópicas, por lo que es razonable afirmar una fuerte asociación cuando se presentan estas características coincidentes.»

## IMPORTANCIA DE LAS PRUEBAS DEL PELO

La importancia de los resultados de los exámenes del cabello depende del método de recolección de las pruebas utilizadas en el lugar del crimen, de las pruebas técnicas de procesamiento empleadas, de la metodología del proceso de examen de pelo, y de la experiencia del profesional que examina el pelo. Los pelos de la cabeza y los púbicos son considerados habitualmente más importantes que los de otras partes del cuerpo.

Las circunstancias particulares de cada caso afectan a la importancia de la identificación del pelo. Cuando un miembro de una familia presumiblemente es participe en un delito, la ubicación, el número y la condición (arrancados o quemados, por ejemplo) de los pelos recuperados pueden ser importantes. La actividad de la víctima, incluyendo fechas, compañeros de trabajo y otras personas que de forma lógica hayan podido tener contacto y/o acceso a la víctima o a la escena del crimen, puede aconsejar una toma adicional de muestras de pelo.

## EXAMEN DEL PELO

### 1. PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA DE MUESTRAS

Los pelos a analizar nunca deben tocarse, se recogen con unas pinzas adecuadas que no lesionen la muestra y se depositan cada uno de ellos en sobres nuevos de papel. Es importante considerar que aunque se encuentren pelos agrupados, podrían ser de distinto origen. Los sobres se rotulan adecuadamente y se remiten al laboratorio.

En el laboratorio se recomienda guardar el pelo en frascos con tapa de vidrio esmerilado, para no alterar su olor característico.

Lo mejor es examinar el pelo cuanto antes. Se debe manejar con pinzas y colocarlo sobre un portaobjetos, cubrirlo con un cubreobjeto (sin aplastarlo) y realizar un examen previo bajo el microscopio. Luego, sin haber hecho una limpieza del ejemplar, agregar agua destilada y examinarlo cuidadosamente. Este procedimiento permite a menudo descubrir manchas de sangre, esperma, pus, etc. Después de haber verificado esta observación preliminar, se puede proceder a limpiar el pelo.

## 2. LIMPIEZA Y ELIMINACIÓN DE PARTÍCULAS EXTRAÑAS

216 Para lavar los pelos se emplea solución jabonosa o carbonato de potasio al 10%, indistintamente. Posteriormente se deshidrata con alcohol con el procedimiento habitual en microscopía óptica, se le pasa por xilol y se observa con el microscopio en medio acuoso o glicerinado. Para realizar una preparación permanente puede emplearse bálsamo de Canadá.

Si el pelo fuese muy oscuro y aconsejable aclararlo para examinar alguna característica concreta, puede emplearse una de las siguientes soluciones: agua oxigenada, perhidrol caliente, ácido acético, solución hipoclorito de sodio, solución alcohólica de cloro o ácido nítrico. Se obtiene buenos resultados con agua oxigenada de 100 volúmenes. En general la decoloración del pelo se cumple en aproximadamente 15 minutos, no alterando la estructura de las muestras.