



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**Microscopía de pelos como antecedente para la interpretación en Química Forense**

**MONTERO OLIVARES JARITZA MABELY  
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

**TOALIZA HERRERA GARY BLADIMIR  
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**Microscopía de pelos como antecedente para la interpretación en  
Química Forense**

**MONTERO OLIVARES JARITZA MABELY  
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

**TOALIZA HERRERA GARY BLADIMIR  
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Microscopía de pelos como antecedente para la interpretación en  
Química Forense**

**MONTERO OLIVARES JARITZA MABELY  
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

**TOALIZA HERRERA GARY BLADIMIR  
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE**

**MACHALA  
2023**

# Microscopía de pelos como antecedente para la interpretación en Química Forense

*por Gary Bladimir Toaliza Herrera*

---

**Fecha de entrega:** 22-sep-2023 11:50a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2171711314

**Nombre del archivo:** e\_para\_la\_interpretaci\_n\_en\_Qu\_mica\_Forense\_Toaliza\_Montero.docx (8.19M)

**Total de palabras:** 8685

**Total de caracteres:** 44054

# Microscopía de pelos como antecedente para la interpretación en Química Forense

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10%

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, MONTERO OLIVARES JARITZA MABELY y TOALIZA HERRERA GARY BLADIMIR, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Microscopía de pelos como antecedente para la interpretación en Química Forense, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



MONTERO OLIVARES JARITZA MABELY

0704399948



TOALIZA HERRERA GARY BLADIMIR

1600480923

UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARIUM

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación principalmente le dedico a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados y esperados, a mis padres por su amor y apoyo incondicional, por su trabajo y sacrificio que han hecho y he logrado gracias a ellos, para convertirme en una profesional, a mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome con el apoyo moral a lo largo de este camino y a todas las personas que de una u otra manera estuvieron durante este proceso y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

*Jaritza Montero O.*

Dedico la autoría de este trabajo principalmente a mi madre la cual me ha brindado su apoyo incondicionalmente en cada etapa de mi vida universitaria, además de ser un pilar fundamental en la misma y siempre motivarme a ser mejor de lo que soy. A mis hermanas quienes son mi motivación para seguir cumpliendo objetivos en mi vida y no rendirme nunca a pesar de las adversidades que se presente en la vida. Y finalmente a Gabriela Aguilar ya que su presencia ha ayudado a construir la persona que soy ahora.

*Gary Toaliza H.*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por ser el motor principal para seguir y darme fuerzas para continuar en este proceso, a mis padres por su amor y sacrificio, que gracias a ellos he logrado todas mis metas y objetivos planteados, así mismo agradezco a mis hermanos por ser un apoyo incondicional y estar siempre con un apoyo moral y siempre desearme lo mejor, a los profesionales que estuvieron durante este proceso y me impartieron todo su conocimiento para poder culminar con éxito la tesis.

*Jaritza Montero O.*

Quiero agradecer a mi familia por siempre apoyarme en toda decisión que he tomado, han sido quienes impulsan mis sueños y esperanzas, siempre han sido mi guía en esta vida. Hoy culmino mis estudios y quiero dedicarles este logro, como una meta más conquistada.

*Gary Toaliza H.*



## RESUMEN

La tricología forense es una de las ciencias más importantes para esclarecer crímenes cuando existe la evidencia correspondiente para aplicarla. Su importancia radica en su simplicidad, los pelos son fáciles de encontrar en distintas partes del cuerpo, tanto de la víctima como del agresor. Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo consistirá en analizar las características microscópicas de pelos en laboratorio para la interpretación en ciencias forenses. Debido a esto la investigación tiene un enfoque metodológico mixto, de corte transversal y naturaleza descriptiva, cuyo objetivo consiste en el análisis de las características microscópicas de pelo en el laboratorio, para brindar una interpretación basada en las ciencias forenses. El grupo de estudio fueron 75 individuos de los cuales se obtuvieron 10 muestras a través del peinado y extracción con pinzas. Se estudiaron zonas correspondientes a cada área anatómica como es la axila, extremidades inferiores, área púbica y occipital. Como medio de comparación se emplearon muestras animales de perros y gatos. Posterior a esto se identificaron las principales diferencias entre animales y humanos a través de la microscopia, así como se pudo evidenciar parte del ciclo del crecimiento del cabello con las muestras recolectadas: la longitud, color, olor y forma. Al mismo tiempo que se aplicaron métodos de limpieza y eliminación de sustancias extrañas como es la sangre y polvo, cuyos resultados fueron comparados para determinar si la solución jabonosa o el carbonato de potasio al 10% son más efectivos ante la necesidad de eliminar impurezas. Entre las limitaciones se presentaron la incapacidad de obtener muestras del sexo femenino, puesto que por cuestiones de estética no contaban con vello suficiente en ciertas regiones corporales, como es la región púbica y las extremidades inferiores. En conclusión, las técnicas empleadas fueron recolección, lavado con disolución y examinación de las muestras. La caracterización y categorización se realizó empleando dos técnicas macroscópicas y microscopía con muestras de las regiones anatómicas axilares, púbicas, extremidades inferiores y región occipital de diferentes especies. Se evidenció las diferencias entre la fase anágena (pelo arrancado desde la raíz) y telógena (el pelo cae de manera natural) de los pelos recolectados, es importante para la determinación y comparación de muestras dubitadas e indubitadas a la hora de exclusión o inclusión de un principal sospechoso en una escena de crimen. Las principales recomendaciones para este estudio son realizar el análisis de corpúsculo de Barr para determinar el sexo en el pelo a la vez que se realiza una comparación entre el método directo (uso de cinta adhesiva) y el bálsamo de Canadá para el análisis microscópico.

**Palabra Claves:** Tricología, pelo, animal, humano.

## ABSTRACT

Forensic trichology is one of the most important sciences to solve crimes when there is the corresponding evidence to apply it. Its importance lies in its simplicity, hairs are easy to find in different parts of the body, both of the victim and the aggressor. Considering the above, the objective will be to analyze the microscopic characteristics of hairs in the laboratory for interpretation in forensic sciences. Due to this, the research has a mixed methodological approach, of cross-sectional and descriptive nature, whose objective consists in the analysis of the microscopic characteristics of hair in the laboratory, to provide an interpretation based on forensic sciences. The study group consisted of 75 individuals from which 10 samples were obtained through combing and extraction with tweezers. Zones corresponding to each anatomical area such as the axilla, lower extremities, pubic and occipital area were studied. Animal samples from dogs and cats were used as a means of comparison. After this, the main differences between animals and humans were identified through microscopy, as well as part of the hair growth cycle could be evidenced with the collected samples: length, color, odor and shape.

At the same time, methods of cleaning and elimination of foreign substances such as blood and dust were applied, the results of which were compared to determine whether the soap solution or 10% potassium carbonate were more effective in eliminating impurities. Among the limitations was the inability to obtain samples from the female sex, since for aesthetic reasons they did not have enough hair in certain body regions, such as the pubic region and the lower extremities. In conclusion, the techniques used were collection, washing with dissolution and examination of the samples. The characterization and categorization were carried out using two macroscopic techniques and microscopy with samples from the axillary, pubic, lower extremities and occipital regions of different species. The differences between the anagen (hair plucked from the root) and telogen (hair falls naturally) phase of the collected hairs were evidenced, it is important for the determination and comparison of dubious and indubitable samples at the time of exclusion or inclusion of a prime suspect in a crime scene. The main recommendations for this study are to perform Barr's corpuscle analysis to determine the sex of hair while making a comparison between the direct method (use of adhesive tape) and Canada balsam for microscopic analysis.

**Keywords:** Trichology, hair, animal, human.

## INDICE

Pág.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
1.1 Ciencias Forenses .....	4
1.2 Tricología Forense .....	4
1.3 Antecedentes .....	4
1.4 Pelo .....	5
1.5 Estructura del Pelo .....	5
1.6 Tipos de pelo.....	6
1.6.1 Lanugo.....	6
1.6.2 Vello.....	6
1.6.3 Pelo.....	6
1.7 Morfología.....	7
1.7.1 Raíz.....	7
1.7.2 Tallo.....	7
1.7.3 Cutícula.....	7
1.7.4 Córtex.....	7
1.7.5 Médula.....	8
1.8 Ciclo de crecimiento .....	8
1.8.1 Fase anágena.....	8
1.8.2 Fase catágena .....	9
1.8.3 Fase telógena .....	9
1.9 Composición química del pelo.....	10
1.10 Importancia microscópica de análisis de pelos en criminología y criminalista .....	10
1.11 Análisis forense de pelo en el laboratorio.....	10
1.12 Manipulación del pelo.....	11
1.12.1 Examen preliminar.....	11
1.12.2 Examen complementario.....	11
1.13 Examen de cabello.....	11
1.13.1 Examen macroscópico.....	11

1.13.2	<i>Examen microscópico</i> .....	13
<b>1.14</b>	<b>Determinación Racial</b> .....	<b>13</b>
1.14.1	<i>Raza blanca</i> .....	14
1.14.2	<i>Raza negra</i> .....	14
1.14.3	<i>Raza mongoloide</i> .....	14
<b>1.15</b>	<b>Región corporal</b> .....	<b>14</b>
<b>1.16</b>	<b>Determinación de abuso de drogas</b> .....	<b>14</b>
<b>1.17</b>	<b>Determinación del sexo</b> .....	<b>15</b>
<b>1.18</b>	<b>Características microscópicas generales del pelo por sexo</b> .....	<b>15</b>
<b>1.19</b>	<b>Características generales de los pelos de la cabeza en el hombre y la mujer</b> .....	<b>16</b>
<b>1.20</b>	<b>Características diferenciales entre pelo humano y animal</b> .....	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Métodos y técnicas de procesamiento</b> .....	<b>18</b>
2.1.1	<i>Proceso de recolección</i> .....	18
2.1.2	<i>Análisis macroscópico</i> .....	19
2.1.3	<i>Lavado de las muestras</i> .....	19
2.1.4	<i>Examen directo</i> .....	20
2.1.5	<i>Análisis microscópico</i> .....	20
<b>2.2</b>	<b>Análisis estadístico</b> .....	<b>20</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>21</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>35</b>
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>36</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>37</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b> División del folículo piloso.....	6
<b>Ilustración 2</b> Morfología del pelo.....	7
<b>Ilustración 3</b> Ciclo del crecimiento folicular .....	8
<b>Ilustración 4</b> Pelo lavado con carbonato de sodio al 10% .....	22
<b>Ilustración 5</b> Pelo contaminado con sangre .....	22
<b>Ilustración 6</b> Bulbo de pelo Humano .....	23
<b>Ilustración 7</b> Corteza y médula del pelo Humano.....	23
<b>Ilustración 8</b> Bulbo de pelo humano con lente objetivo x40.....	23
<b>Ilustración 9</b> Pelo humano con lente objetivo x10 .....	23
<b>Ilustración 10</b> Medula de especie animal.....	25
<b>Ilustración 11</b> Medula de especie humana.....	25
<b>Ilustración 12</b> Bulbo de felino.....	27
<b>Ilustración 13</b> Bulbo de canino.....	27
<b>Ilustración 14</b> Bulbo especie humana .....	27
<b>Ilustración 15</b> Bulbo de especie humana .....	27
<b>Ilustración 16</b> Pelo fase anágena.....	30
<b>Ilustración 17</b> Pelo fase telógena.....	30
<b>Ilustración 18</b> Diferencia entre muestra de pelo en fase anágena y telógena .....	30
<b>Ilustración 20</b> Bulbo en fase telógena.....	31
<b>Ilustración 19</b> Bulbo fase anágena.....	31
<b>Ilustración 21</b> Bulbo en fase anágena (enroscado).....	31
<b>Ilustración 22</b> Bulbo en fase telógena (bulbo llano).....	31
<b>Ilustración 23</b> Patrón tricológico de fase anágena.....	33
<b>Ilustración 24</b> Patrón tricológico de fase telógena.....	34

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Ciclo del crecimiento folicular.....	9
<b>Tabla 2</b> Características microscópicas generales del sexo .....	16
<b>Tabla 3</b> Características generales de los pelos de en el hombre y la mujer. ....	16
<b>Tabla 4</b> Características diferenciales entre pelo humano y animal.....	17
<b>Tabla 5</b> Técnicas de extracción de pelo.....	21
<b>Tabla 6</b> Matriz categorización de muestras.....	24
<b>Tabla 7</b> Características entre pelo animal y humano.....	26
<b>Tabla 8</b> Determinación de sexo mediante diámetro del pelo. ....	28
<b>Tabla 9</b> Valoración de las muestras medidas.....	28
<b>Tabla 10</b> Características generales del pelo humano según su región anatómica .....	29
<b>Tabla 11</b> Patrón tricológico de fase anágena .....	32
<b>Tabla 12</b> Patrón tricológico de fase telógena .....	33

## INTRODUCCIÓN

La ciencia forense es importante en la resolución de delitos, debido a que implementa diversas técnicas que están regidas en el ámbito jurídico, es decir, utiliza agentes de libertad condicional para determinar los resultados de un caso (Smith & Bluth, 2016). En una escena de crimen siempre se pueden encontrar diferentes tipos de indicios, tales como; mecánicos, físicos, químicos y biológicos, cada uno de los objetos descritos posee características peculiares las cuales sirven para diferenciarse entre sí, la caracterización propia de los objetos, muestras (biológicas y químicas) son consideradas como evidencia de suma importancia (Ocampo Armando et al., 2019). Entre esas técnicas se encuentra la tricología forense, la cual responde al estudio del elemento piloso, que contribuye en muchas maneras a la resolución de numerosos casos, esta es una rama indispensable de las ciencias forenses puesto que el pelo es una de las evidencias más importantes encontradas en una escena criminalística (Pilco, 2013).

En la tricología forense uno de los procedimientos más importante es la comparación de muestras halladas en una escena del crimen con las muestras de los posibles sospechosos y a través de esto llegar a una conclusión en donde se pueda dar una inclusión o exclusión de una persona (Pilco, 2013). La exploración de la evidencia consta de un proceso idóneo el cual está contemplado con diferentes leyes, además de eso tiene un respaldo que está basado en proceso de pruebas, recolección, manipulación y el análisis de toda muestra delictiva las cuales tienen fundamento metodológico y técnico el cual permite determinar de manera certera a los posibles infractores y que se les pueda administrar de manera prudente la justicia (Lema, 2022).

Las evidencias encontradas deberían ser comparadas mediante elementos dubitados e indubitados la cual nos permita un estudio equitativo en la investigación, para esto debemos analizar: la forma, dirección, color, residuos etc. Así mismo analizar la apariencia de los elementos pilosos que se logran encontrar en una escena de crimen, logrando una comparación entre las diferentes muestras halladas por el perito (Jiménez & Torres, 2020).

El pelo, cabello, vello púbico se vuelven en la evidencia útil y de suma importancia que se puede encontrar en una escena de crimen, siendo la mayoría de las muestras encontradas en una escena en fase telógena los cuales conforman un 95% (se caen de manera natural), no obstante, el 5 % encontrado son en fase anágena (que han sido arrancados) (Pilco, 2013).

Debemos tener en cuenta las técnicas de análisis del pelo ya que existen diferentes maneras, características como son la pigmentación del elemento piloso, y diferenciar cuando estos elementos hayan sido arrancados de manera violenta o se desprendieran de manera natural de la víctima o victimario que puedan estar relacionados con algún tipo de delito. (Rojas et al., 2012). Por ende, el microscopio ha sido de mucha importancia en los últimos años en las ciencias forenses, en el análisis del pelo es importante observar las características macro-microscópicas para la diferenciación de los elementos pilosos, cabe recalcar que esto depende de la zona corporal a la que pertenece la muestra (Jiménez & Torres, 2022).

Actualmente los casos de homicidios, atropellamientos y violaciones han aumentado la importancia del pelo, por lo tanto, se ha vuelto una fuerte prueba en la resolución de casos, puesto que, son fácilmente encontrados en cepillos, alfombras, ropa, uñas, órganos, etc. (Acosta, 2021). Por lo tanto, la recolección del pelo es sencilla a comparación con otras muestras biológicas, es una muestra que no se puede alterar físicamente y los resultados prácticos son complicados de alterar, por esta razón son ocupados en el campo de medicina forense y criminalística (Rojas et al., 2012a).

Para el ojo humano el pelo solo es visto como una fibra, es decir es demasiado imperceptible, además de que no presenta descomposición muy fácilmente (Santos, 2020). Por esto para poder analizar las características microscópicas del pelo es importante el uso del microscopio óptico, ya que nos permite identificar la parte anatómica a la que corresponde (barba, axila, pecho, cabeza, piernas, vello púbico), además de conocer, si el pelo fue arrancado, cortado o por caída natural (Pilco, 2013).

En base a lo planteado, se ha establecido lo siguiente: ¿Las características microscópicas de los pelos nos proporcionan información para el esclarecimiento en una escena de crimen?



## **HIPÓTESIS**

Dado el problema y objetivos planteados en base al conocimiento sobre la caracterización morfológica de pelos en química forense, se presenta la siguiente hipótesis:

Las características microscópicas son fundamentales para la identificación anatómica del pelo en ciencias forenses.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Analizar las características microscópicas del pelo en laboratorio para la interpretación en ciencias forenses.

### **Objetivos específicos**

- Realizar las diferentes técnicas tricológicas para la recolección, lavado y examinación de pelo.
- Categorizar las muestras de pelo en diferentes especies, según la parte anatómica a la que pertenezca.
- Examinar las características microscópicas y el patrón tricológico de la fase anágena y telógena.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Ciencias Forenses**

Se compone por todo estudio científico y técnico que son utilizados en la resolución de crímenes y asuntos legales; penales, administrativos y civiles. Las ciencias forenses se encargan de hacer cumplir la ley mediante la caracterización de vestigios encontrados en una escena del crimen, por ende, el perito forense es encargado de excluir o incluir sospechosos de la participación del crimen en base a las evidencias que son recogidas en la escena y de los principales sospechosos (Barros et al., 2021).

### **1.2 Tricología Forense**

Se encarga de analizar características de manera microscópicas y macroscópicas del pelo; su estructura, forma y biometría, tanto en humanos como en animales, los cuales pueden ser encontrados en un hecho delictivo (Cáceres et al., 2021).

La tricología se basa en los aspectos naturales del elemento piloso, es decir trata de determinar si es, mineral, sintética, animal o vegetal, además de eso se encarga de la determinación de procedencia anatómica (vello lanugo fetal, cabello, vello) y determina el sexo (Cáceres et al., 2021).

Por lo tanto, el pelo ha sido considerado en muchos crímenes como un indicio de suma importancia, esto se debe a su fácil manera de obtención, ya que puede estar en la ropa, cuerpo, cepillo, auto, suelo, alrededores de una escena del crimen, en uñas, entre los dedos, etc. (Peña et al., 2019)

### **1.3 Antecedentes**

Durante el siglo IV en la antigua Grecia el filósofo Aristóteles definió al pelo como una forma de vapores impuros los cuales eran exhalados por los poros del cuerpo y al tener contacto con el oxígeno se endurecían. San Alberto Magno tuvo una definición diferente con el pelo y el creía que el cabello tenía una función excretora y considero al pelo como un producto proveniente del humor y del cerebro (Pilco, 2013).

En inicios del siglo XVI el científico Derham realizo un estudio microscópico de la fibra del pelo de ratón el cual le permitió observar medulas y concluyo que a través de las fibras de pelo se da la evacuación del humor y transpiración del cuerpo debido a son tubulares. La estructura, embriogénesis y los mecanismos de crecimiento del

folículo piloso fueron debidamente definidos en el siglo XIX gracias a los anatomistas que se encargaron del estudio cuidadoso de la piel y los folículos pilosos (Pilco, 2013).

Con los avances que se van mostrando en la biología molecular se ha podido tener una mayor comprensión del ciclo y el crecimiento del pelo, tras ello se pudo determinar que una gran variedad de mutaciones las cuales han proporcionado gran información sobre la morfogénesis y el ciclo del folículo piloso (Pilco, 2013).

#### **1.4 Pelo**

El pelo se puede clasificar en cabello y vello corporal, cuando hacemos referencia al cabello; nos referimos aquel que crece en la parte superior de la cabeza, mientras que cuando hacemos referencia al vello púbico; nos referimos a todo el pelo que crece en las demás zonas corporales como; axila, pecho, cara, pubis, piernas, brazos (Liz & Martínez, 2020).

Es denominado de suma importancia debido a que cubre al cuerpo en toda su totalidad, además de brindarnos diversas funciones como; protección, sensitivas, dispersión, también nos brinda protección contra el frío y calor y la principal función que es proteger contra la luz ultravioleta emitida por el sol (Castañeda & Cordero, 2018).

Entre las características del pelo podemos encontrar su forma, color, grosor, longitud, las cuales dependen principalmente de lo que es la genética, el sexo y la raza, lo cual nos permite tener una clasificación idóneo, además de esto nos permite clasificar según la parte corporal a la que corresponde (axilar, púbico, facial, torácico, extremidades) (Liz & Martínez, 2020).

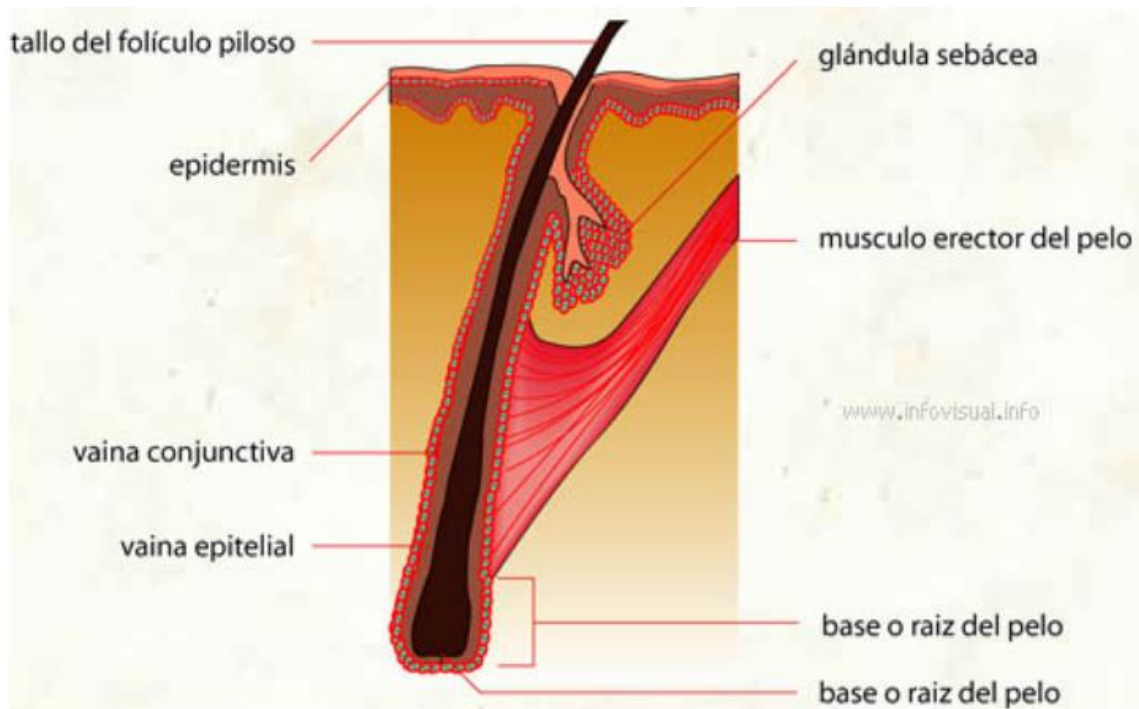
#### **1.5 Estructura del Pelo**

En el elemento piloso o folículo piloso tiene un ciclo degenerativo y regresivo el cual dura toda la vida del individuo, en este proceso hay muchos factores que influyen los cuales son; factores hormonales, inhibidores y principalmente los factores de crecimiento, estos factores son regulados entre si durante el ciclo que dure cada fase del crecimiento del elemento piloso (Rossani et al., 2018)

El bulbo empieza en lo que es denominada la papila dérmica y se extiende hasta donde finaliza la zona queratogena del pelo, la cual es conocida como franja de Adamson, por otro lado, el tallo inicia en la franja de Adamson y se va extendiendo

hasta llegar a lo que comúnmente es denominado como el sitio de inserción del musculo erector (Araucaria et al., 2010). Observar Ilustración 1.

*Ilustración 1 División del folículo piloso*



**Tomado de:** (Araucaria et al., 2010)

## 1.6 Tipos de pelo

Podemos clasificar el pelo según el tamaño (folículo), además de la parte corporal a la que corresponde y la edad en la que se forma (Moreno, 2005).

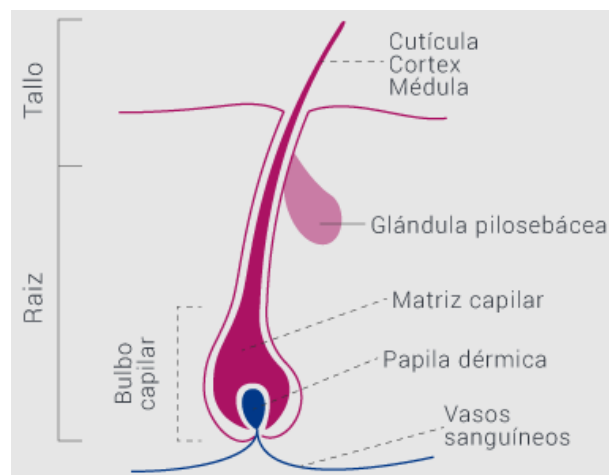
- 1.6.1 *Lanugo* Es que se produce en durante la vida fetal y solo dura las primeras 15 semanas, consiguiente a esto ese pelo se convierte en vello o pelo terminal (Moreno, 2005).
- 1.6.2 *Vello* Es fino y corto, además de presentar una poca pigmentación y es muy usual en la nariz y la mejilla, durante la pubertad este tiene un mayor crecimiento hasta que en la etapa adulta es más notable (Moreno, 2005).
- 1.6.3 *Pelo terminal* Se empieza a desarrollar en la pubertad, donde tiene una mayor pigmentación, mayor grosor y longitud, esto es con ayuda hormonal, es más notorio en la cara, pezones, axilas y pubis (esto es notorio en ambos sexos) hasta su vida adulta (Moreno, 2005).

## 1.7 Morfología

El pelo es de suma importancia en la adaptabilidad de los mamíferos, esto se debe a que al tener “pelo” cubriendo todo su cuerpo esto garantiza su supervivencia; los pelos que más destacan son los de protección “brazos, piernas, cara, regiones íntimas”, por esto la morfología del pelo ha sumado mucha importancia en la actualidad (Atasever & Pamukoglu, 2020).

Se empieza a originar desde el folículo de la piel, el cual brota un filiforme delgado el cual es denominado “pelo”, lo constituyen la medula, corteza y cutícula las cuales son conocidas como sus regiones morfológicas (Kock, 2004). Observar en la Ilustración 2.

*Ilustración 2 Morfología del pelo*



**Tomado de:** (Granda, 2020)

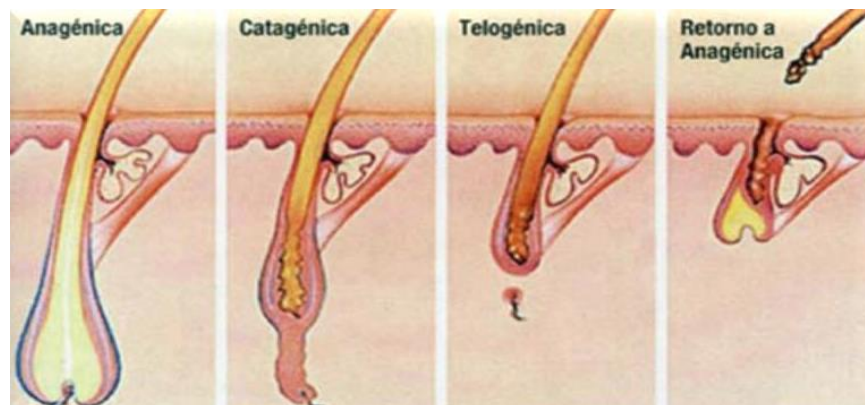
- 1.7.1 *Raíz* Tiene origen la actividad mitótica y metabólica, se origina a partir del bulbo capilar, el cual está conectado con la circulación sanguínea, lo cual ayuda al crecimiento del pelo, por ende, al tener una buena circulación el crecimiento es rápido, caso contrario el crecimiento del pelo es lento (Rebossio, 2013).
- 1.7.2 *Tallo* Es la parte más importante del pelo, la conforman la medula, córtex y cutícula. Su diámetro oscila entre las setenta y cien micras (Rebossio, 2013).
- 1.7.3 *Cutícula* Corresponde al nueve por ciento de la totalidad, se encarga de proteger al pelo de sustancias químicas, ya que sin esta capa protectora tendría mayor facilidad en dañarse, además brinda brillo y facilidad de manipulación al momento de cepillarse (Rebossio, 2013).
- 1.7.4 *Córtex* Se compone en un setenta por ciento de la superficie del pelo, además de poder brindar propiedades mecánicas (Rebossio, 2013).

1.7.5 *Médula* La podemos ubicar en todo el centro, está constituida por células corneas las cuales son redondas y sin núcleo, corresponde al veintiuno por ciento de la superficie del pelo (Rebossio, 2013).

## 1.8 Ciclo de crecimiento

En el ciclo del crecimiento capilar influyen diferentes etapas en las cuales el folículo piloso es protagonista, inicia en la fase de crecimiento activo y termina en la fase de reposo, estas son las fases más importantes del folículo piloso, además de las ya mencionadas existe la tercera fase denominada involución, cada una de las etapas de crecimiento del cabello consta con un periodo determinado de tiempo, en los que varían desde años hasta días Tabla 1. el pelo se encuentra en un porcentaje del 95% en fase anágena, mientras que el resto se lo puede encontrar en fase telógena, o denominada como “caída capilar” (Mira & Vivancos, 2018). Observar en la Ilustración 3.

*Ilustración 3 Ciclo del crecimiento folicular*



Tomado de:(Moreno, 2005)

1.8.1 *Fase anágena* Se denomina al crecimiento del folículo, la mayoría del cuero cabelludo se encuentra en esta fase, es decir cerca del ochenta por ciento, son altamente sensibles a daños químicos y cambios metabólicos debido a que se encuentra en crecimiento. La fase anágena tiene una duración de 2 a 5 años, por ende, la longitud del cabello es relacionada con la fase anágena (Lin et al., 2022). Observar en la Ilustración 3.

- 1.8.2 *Fase catágena* Tiene una duración promedio de dos semanas, es decir es la etapa más corta del ciclo de crecimiento capilar, muy pocos folículos se encuentran en esta fase. En el periodo de esta fase el folículo sufre un acortamiento debido a que la mitosis germinal se detiene encogiendo el folículo piloso, después del acortamiento en el folículo las papilas dérmicas sufren un desplazamiento hacia arriba (TEMÍZKAN & BAYRAKTAROĞLU, 2017). Observar en la Ilustración 3.
- 1.8.3 *Fase telógena* Comprende al reposo del pelo y tiene una duración aproximada de doce semanas, por ende, en esta fase se encuentran menos del veinte por ciento del pelo, cuando el folículo llega a esta fase se detiene su crecimiento y empieza a caerse de manera natural o por cepillarse (Hawkshaw et al., 2020). La mayor parte de los folículos se pueden encontrar en fase anágena, pero cerca del 10% están en una fase de recambio, es decir que están en reposo hasta que se caigan de manera natural o hasta que vuelva a repetir el ciclo de la fase anágena. El crecimiento del pelo tiene una rapidez de 0.35 mm/día, y esta puede variar según la región anatómica donde se encuentre (Moreno, 2005). Observar en la Ilustración 3.

Tabla 1 Ciclo del crecimiento folicular

Área corporal	Anágeno	Telógeno	Telógeno
	[años(a)/meses(m)]	(meses)	(%)
<b>Cuero cabelludo</b>	2-10 a	1-4	10-15
<b>Pestañas</b>	1-1.5 m	3 m	
<b>Cejas</b>	1-2 m	3-4	85-94
<b>Labio superior</b>	2-5 m	1-5	34
<b>Barba</b>	6 m-1 a	2.5	30
<b>Tórax</b>		2.5	
<b>Axila</b>		3	31-79
<b>Brazos</b>	1-3 m	2-4	72-86
<b>Manos</b>	2.5 m	2	
<b>Muslos</b>	1-2 m	2-3	64-83
<b>Piernas</b>	4-6 m	3-6	62-88
<b>Pubis</b>	6 m	1 a	65-81
<b>Región inguinocrural</b>		3	70

Tomado de: (Moreno, 2005)

## **1.9 Composición química del pelo**

La mayor parte de la composición del pelo presenta un porcentaje de queratina, el cual se encuentra entre el 65-95% de las proteínas fibrosas, también se puede encontrar un porcentaje de agua de 15-35%, las grasas se pueden encontrar en unas cantidades variables, presenta una cantidad de 1-9% en sales minerales las cuales se determinan en peso en seco, en polisacáridos y sustancias hidrofílicas podemos encontrar una cantidad mínima de 0.25-0.29%, además se encuentran otros elementos como carbono, oxígeno, nitrógeno, azufre e hidrógeno, y melaninas las que son encargadas de brindar el color al pelo, ya que de este aminoácido depende la coloración del pelo (Fernandes et al., 2023).

## **1.10 Importancia microscópica de análisis de pelos en criminología y criminalista**

El uso de un microscopio para el análisis de un elemento piloso como prueba forense en la escena del crimen sigue siendo una herramienta muy importante, ya que es imposible determinar las características del cabello, como la presencia o ausencia de un núcleo, pigmento, patrón de núcleo, con un microscopio es posible poder determinar todo lo mencionado y es el canal que hace posible identificar la posible especie animal a la que pertenece. La observación microscópica también puede revelar características que ayudaron a resolver el crimen, como archivos adjuntos o inclusiones que pueden estar relacionadas con la víctima o el perpetrador (Rojas et al., 2012b).

## **1.11 Análisis forense de pelo en el laboratorio**

El pelo se encuentra con facilidad en una escena del crimen, esto se debe a que las personas suelen soltar alrededor de cien y ciento cincuenta pelos en un día. La principal característica a determinar del pelo es si es de humano o animal, esto se realiza a través de la observación microscópica, tras lo consiguiente se realiza el análisis de la fase de crecimiento (anágena o telógena), tras determinar esto el cabello puede ser analizado mediante análisis de ADN (solo se considera la fase anágena) y ser comparados con mediante muestras indubitadas y dubitadas (esto se realiza con los pelos en fase telógena), lo cual facilita la inclusión o exclusión de un individuo en la escena del crimen (Airlie et al., 2021).



## **1.12 Manipulación del pelo**

Los pelos deben siempre manipularse con pinzas de goma, las cuales son adecuadas porque no lesionan la muestra ni deja residuos o elementos extraños, caso contrario a lo que sería la manipulación con los dedos. Los pelos se deben rotular por separado, no importa que se encuentren muestras agrupadas, ya que al estar agrupadas no nos asegura que sea del mismo origen, por ende, es idóneo rotular una por una las muestras colocándolas en un envase de vidrio que este esterilizado o en una bolsa plástica, esto nos permite que no haya ninguna alteración en su color. Cuando las muestras llegan al laboratorio se procede a la realización de dos exámenes; el primero es el preliminar o inicial, y el segundo es el complementario o avanzado (Orio et al., 2023).

1.12.1 *Examen preliminar* Este examen se realiza cuando la muestra llega al laboratorio, se analiza al microscopio tal y como se encontró se la muestra, esto nos facilita la observación de un tinte, una mancha, un parásito o la presencia de suciedad en el elemento piloso, tras realizar la observación en el microscopio procedemos a limpiar la muestra con alcohol, esto ayuda a eliminar el exceso de grasa para poder examinar de nuevo. Así podemos analizar la presencia de bulbo; esto permite determinar si es un pelo caído o si fue arrancado (Torres & Villavicencio, 2016).

1.12.2 *Examen complementario* Tras el análisis preliminar es importante separar aquellos pelos que cuentan con bulbo y punta de los demás, y se procede a lavarlos con alcohol etílico y dejarlos secar en una toalla o en una tela. Se proceden a realizar análisis para determinar su raza y su origen de especie (animal o humana), al finalizar el análisis microscópico los pelos se deben volver a guardar con su respectiva rotulación para los siguientes análisis y para pruebas en caso de reapertura de un caso (Tremori et al., 2018).

## **1.13 Examen de cabello**

1.13.1 *Examen macroscópico* Este examen hace referencia a todas características que se pueden apreciar de manera visual y sin la ayuda de un microscopio, y poder considerar los aspectos y características fenotípicas, las cuales son apreciables a simple vista (Kaur et al., 2021).

1.13.1.1 *Forma* Para la descripción del pelo existen las clasificaciones más utilizadas en la actualidad, las cuales se pueden dividir en cuatro tipos según la etnia y genética del individuo; lacio o recto, curvo, ondulado y rizado (Alonso et al., 2022).

- *Lacio o recto* El pelo recto o lacio es aquel que no presenta ninguna curvatura u ondulación y al momento de ponerlo sobre una superficie plana se mantiene rígido (Cáceres et al., 2021).
- *Curvo* Podemos definir al pelo curvo como aquel que presenta una ligera curvatura, pero no tiene presencia de ondulaciones para poder formar un círculo en sí mismo cuando es colocado en una superficie plana (Cáceres et al., 2021).
- *Ondulado* El pelo ondulado presenta una curvatura la cual hace que cambie la dirección la cual produce una onda sinuosa la cual le permite formar figuras de manera ondulado cuando es colocado en una superficie plana (Cáceres et al., 2021).
- *Rizado* El pelo rizado es aquel que tiene la capacidad para poder enroscarse sobre sí mismo y lo cual al estar en una superficie plana forma círculos o formas circulares que se asemejan a un círculo (Cáceres et al., 2021).

1.13.1.2 *Longitud* Esta determinación se la realiza apenas la muestra es hallada, de esta manera se evita el fraccionamiento el elemento piloso, además un aspecto a considerar es que la muestra hallada no vaya a tener coincidencia con el individuo debido a que este se cortara el pelo. Para poder determinar de manera exacta la longitud se debe colocar el pelo sobre una superficie blanca (preferiblemente papel) en la cual se van a fijar los extremos con cinta, y para su medición se utiliza una cinta métrica o regla (Cáceres et al., 2021).

1.13.1.3 *Color* Depende de la cantidad de pigmento que se encuentre presente en la corteza, su coloración se debe a la melanina; los pelos de color amarillo, café y negro dependerán de la cantidad del pigmento, no obstante, también se pueden observar pelos de color rojo o rubio; esta coloración se debe a la phaeomelanina la cual se encuentra presente en el pelo, finalmente el pelo blanco se debe a que existe una pérdida de tirosinasa (Calderón & Moreno, 2001).

1.13.2 *Examen microscópico* Son aquellos aspectos en los que para ser observados se ocupa el microscopio óptico o de comparación (Cáceres et al., 2021).

1.13.2.1 *Microscopia óptica* Es importante debido a que facilita la reconocer e identificar el origen del pelo; saber si es de origen animal o humano, lo cual se puede determinar a través de las estructuras observadas en el microscopio óptico y de esta manera poder compararlas con muestras que sean de origen conocido, para esto es necesario el uso de microscopios compuestos los cuales son conectados por un puente óptico (Acosta, 2021).

1.13.2.2 *Examen anatómico* Por medio del examen anatomía podemos determinar a qué región anatómica pertenece el pelo obtenido, esto se debe a que al ser analizado por el microscopio nos brinda una mayor información referente a su morfología, también podemos observar si la muestra ha sido caída de manera natural, o en otros casos si fue arrancada, y si fue cortada. Una vez terminado el examen anatómico del elemento piloso se procede a comparar con otras muestras que tienen características desconocidas (Acosta, 2021).

#### **1.14 Determinación Racial**

En la medicina legal es fundamental el pelo, este nos permite determinar si pertenece a un animal o humano, además de brindarnos información como; sexo, edad, raza y parte anatómica a la que pertenece. El termino raza hace énfasis en el concepto biológico de los individuos, es decir, son grupos poblacionales los cuales se reproducen de manera semejante entre sí, los cuales les brindan aspectos morfológicos únicos (Altamirano et al., 2019)

La morfología del pelo es útil en las investigaciones forenses, esto se debe a que el pelo puede distinguirse mediante razas, en este análisis principal es la observación microscópica de la cutícula, su grosor y lo fundamental de la presencia o ausencia de cuerpos ovoides, por ende, lo principal a analizar en la raza es su estructura microscópica (Khan et al., 2014).

- 1.14.1 *Raza blanca* Se caracterizan por la forma, textura y grado de pigmentación además de ser lacios; lo cual los hace ser liso, no obstante, algunos pueden presentar alguna ondulación e incluso ser rizados, por ende, longitudinalmente tienen un diámetro decreciente y una medula que es tipo interrumpida y se encuentra excéntrica. La pigmentación que suelen presentar es oscura; esto se debe a los gránulos pigmentados lo cual determina que su color sea rojo, oscuro o rubio (Rebossio, 2013).
- 1.14.2 *Raza negra* Se caracterizan por tener tallos con una gran pigmentación, y son generalmente de color negro, con textura rustica y una forma recta, al realizar un corte transversal en el mismo podemos observar tallos triangulares o cilíndricos que tienen una medula la cual está ubicada en el centro (Rebossio, 2013).
- 1.14.3 *Raza mongoloide* Usualmente es negro, ensortijado y retorcido y con una gran variación en su calibre debido al crecimiento y decrecimiento en su diámetro, la mayoría de la pigmentación se puede encontrar en la corteza lo cual brinda un color negro intenso y opaco, al realizar un corte transversal podemos notar que es oval y casi plano además de que su medula es excéntrica (Rebossio, 2013).

## **1.15 Región corporal**

El crecimiento del folículo depende a su región corporal, esto se debe a que existe variaciones en los receptores androgénicos y la cantidad de la enzima 5-alfareductasa, no obstante, se encuentran regiones en donde existe poco flujo androgénico; tales como la parte occipital del cuero cabelludo, cejas y pestañas. Existen otras regiones en donde hay mayor sensibilidad a los estrógenos; tales como axilas y pubis, es aquí donde tienen mayor presencia el pelo terminal a pesar de haber poca cantidad de andrógenos. La cara, el mentón, muslos, brazos, región pectoral, abdomen inferior, región lumbar y el triángulo pélvico son regiones en donde solo los niveles altos de andrógenos permiten a la caracterización masculina (Moreno, 2005).

## **1.16 Determinación de abuso de drogas**

Hoy en día se ha implementado la técnica de determinación de abuso de drogas en el ámbito legal forense, es usualmente aplicada en la toxicología forense, su determinación no requiere de conservación, además de presentar una dificultad en la alteración de la muestra. Los análisis deben ser correctos ya que los métodos analíticos aún no se encuentran estandarizados (Esparza, 2019).

Este tipo de análisis forense es usado debido a que en el pelo las drogas tienden a depositarse a través de la circulación sanguínea, lo que resulta más factible para la detección, esto se debe a que la droga es más estable y puede ser detectada después de un tiempo prolongado del consumo del individuo, cosa contraria a lo que no se puede lograr con las muestras biológicas (orina, sangre y saliva), las técnicas más utilizadas para su análisis son la LC-MS y la GC-MS, esto a su alta confiabilidad, el único inconveniente es su alta demanda (Usman et al., 2019).

La longitud adecuada es de 1 cm, ya que si es de una longitud menor se puede dar un resultado poco confiable, con esto podemos determinar en el tiempo de un mes si la persona ha consumido sustancias ilícitas, aunque no podemos tener una exactitud del día en que consumió, además de que no indicara la concentración mínima existente en la muestra (García, 2021).

### **1.17 Determinación del sexo**

La tinción para la determinación del sexo es una tinción diferencial de cromosomas sexuales, esto se puede observar en la raíz del folículo piloso, principalmente en el núcleo de la célula (Acosta, 2021).

Cuando se observa un solo corpúsculo de Barr, se puede determinar que el sexo es masculino debido a que el hombre tiene cromosomas XXY, pero en el caso de la mujer se podrá observar dos corpúsculos de Barr, ya que posee cromosomas XXX, tras esto el número de cromosomas X determina la cantidad de cuerpos que se pueden observar en el núcleo (Singh et al., 2017).

El cromosoma Y tiene la capacidad de emitir fluorescencia, esto se logra con clorhidrato de quinacrina, en cambio el cromosoma X no posee esta capacidad, debido a esto se puede observar una mancha fluorescente y brillante en el núcleo y determinar con facilidad que la muestra pertenece a un hombre, debido a que el hombre posee un cromosoma X y uno Y (Cáceres et al., 2021).

### **1.18 Características microscópicas generales del pelo por sexo**

El pelo femenino como masculino tienen características similares, pero se pueden diferenciar en la punta, debido a que una muestra femenina existirá la característica filamentosas, mientras que en el hombre será cónica (Vázquez Sanjuán, 2013). ver Tabla 2.

*Tabla 2 Características microscópicas generales del sexo*

<b>Parámetros</b>	<b>Características femeninas</b>	<b>Características Masculinas</b>
<b>Longitud</b>	Versátil	Versátil
<b>Forma</b>	Versátil	Versátil
<b>Punta</b>	Filamentosa	Cónica
<b>Medula</b>	Presente continua	Presente continua

**Tomado de:** (Vázquez Sanjuán, 2013)

### **1.19 Características generales de los pelos de la cabeza en el hombre y la mujer**

La principal característica en el pelo del hombre y la mujer es su longitud la cual prácticamente varía según el cuidado del individuo, además de que se puede tener en cuenta la punta del cabello para poder tener una mayor diferencia, ya que en lo demás aspectos presentan similitudes (Vázquez Sanjuán, 2013). ver Tabla 3.

*Tabla 3 Características generales de los pelos de en el hombre y la mujer*

<b>Parámetros</b>	<b>Características femeninas</b>	<b>Características masculinas</b>
<b>Longitud</b>	Variable	Variable
<b>Forma</b>	Variable	Variable
<b>Punta</b>	Filamentosa	Cónica
<b>Medula</b>	Presente continua	Presente continua
<b>Observaciones</b>	La cutícula presenta alteraciones estructurales.	La longitud va de acuerdo al capricho del poseedor

**Tomado de:** (Vázquez Sanjuán, 2013)

## 1.20 Características diferenciales entre pelo humano y animal

El pelo humano del animal tiene una diferenciación muy fácil por su textura, ya que el pelo animal puede ser tosco y grueso, en cambio del humano es fino y delgado, además sus escamas presentan una gran comparación en cuanto a tamaño, debido a que en el humano es más pequeña que en animales, además de notar varias diferencias en la medula, corteza y pigmentación (Vázquez Sanjuán, 2013). ver Tabla 4.

*Tabla 4 Características diferenciales entre pelo humano y animal*

<b>Parámetros</b>	<b>Pelo Humano</b>	<b>Pelo Animal</b>
<b>Textura</b>	Fina y delgada	Tosca y gruesa
<b>Cutícula</b>	Escamas pequeñas, planas, aserradas y que rodean todo el tallo (coronales).	Escamas grandes, poliédricas, onduladas y que no rodean totalmente el tallo (imbricadas).
<b>Medula</b>	Estrecha, fragmentada o ausente	Ancha, presente, continua
<b>Corteza</b>	Gruesa, 4 a 10 veces mayor que el grosor de la médula	Delgada, raramente más del doble de la médula
<b>Pigmento</b>	Sólo en la corteza y mayor en la periferia.	Uniforme, periférico o central

**Tomado de:** (Vázquez Sanjuán, 2013)

## 2. METODOLOGIA

La presente investigación utiliza un planteamiento metodológico de enfoque mixto, por ende, se plantea un diseño no experimental, el cual se aplica de manera transversal, además de usar un muestreo no probabilístico.

La población de estudio está conformada por setenta y cinco individuos; humanos y animales, de los cuales se obtuvo muestras de pelo de diferentes regiones anatómicas. Las muestras recolectadas se comprenden por diez pelos de cada individuo, especificando su región anatómica las cuales se analizaron en el laboratorio de Microbiología de la UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA.

### 2.1 Métodos y técnicas de procesamiento

Los métodos y técnicas que se realizan serán en base al manual de la Fiscalía General del Estado del Ecuador (2014). El cual establece protocolos e instructivos especializados en la investigación de medicina legal y ciencias forenses.

2.1.1 *Proceso de recolección* El proceso de recolección se divide en dos técnicas de las cuales se detallarán a continuación sus respectivos procedimientos a seguir:

#### 2.1.1.1 *Extracción a través de peinado*

1. Colocar tela blanca (50 cm x 50 cm) cerca de la región anatómica de la cual vamos a extraer la muestra.
2. Utilizar un peine (dientes rígidos) y proceder a peinar de manera lenta y cuidadosa la zona sin ejercer demasiada fuerza ni presión.
3. Agitar el peine sobre la tela y así dejar caer el pelo obtenido.
4. Depositar las muestras en una caja petri, tubo de ensayo, o una bolsa transparente (ziplop).
5. Rotular de acuerdo a la muestra con los datos: edad, sexo, región anatómica, raza y especie.
6. Proceder con su respectiva observación en el microscopio.

#### 2.1.1.2 *Extracción a través de pinzas*

1. Seleccionar la región anatómica de la cual se va extraer la muestra.
2. Sujetar cada pelo con la pinza por la parte más proximal a su raíz.
3. Depositar las muestras en una caja petri, tubo de ensayo, o una bolsa transparente (ziplop).



4. Rotular de acuerdo a la muestra con los datos: edad, sexo, región anatómica, raza y especie.
5. Proceder con su respectiva observación en el microscopio

2.1.2 *Análisis macroscópico* El análisis macroscópico es aquel que se puede apreciar de forma visual, es decir que no requiere del uso del microscopio (Fiscalía General del Estado del Ecuador, 2014). Las características a ser analizadas serán:

- Observaciones: Hacer referencia a si la muestra se encuentra contaminada, tiene doble coloración (es teñida)
- Longitud: se realiza con la finalidad de determinar el tamaño del pelo, para lo que se empleó una regla.
- Color: se realiza para determinar la cantidad de pigmento del pelo
- Olor: tiene la finalidad de determinar si existe la presencia de perfume en el pelo.
- Forma: se realiza en base a la clasificación de sus hebras.

2.1.3 *Lavado de las muestras* El lavado de las muestras se lo realiza con la finalidad de quitar impurezas y descontaminar la muestra, de esta manera tener una mayor observación (Fiscalía General del Estado del Ecuador, 2014). Se prepararon las siguientes disoluciones.

#### 2.1.3.1 *Solución jabonosa*

- Pesar en un vaso de precipitación 20 gramos de jabón líquido (Jolly).
- Agregar 100 mL de agua destilada.
- Agitar hasta que la disolución se homogenice.
- Agregar las muestras y agitar durante 20 minutos.

#### 2.1.3.2 *Carbonato de sodio al 10%.*

- Pesar en un vaso de precipitación 11.024 gramos de carbonato de sodio (Merck SIGMA-ALDRICH).
- Agregar 100 mL de agua destilada.
- Agitar hasta que la disolución se homogenice.
- Dejar en reposo durante 5 minutos.
- Agregar las muestras y agitar durante 10 minutos

2.1.4 *Examen directo* Se selecciona la muestra y se procede a colocarla en un portaobjeto, consiguiendo a esto cubren con cinta adhesiva (Scott) fijando de manera correcta y rotulando con las iniciales cada portaobjetos: PA (pelo axilar), PEI (pelo extremidades inferiores), PCC (pelo cuero cabelludo), PP (pelo región púbica), además de rotular según la especie; H (humano), A (animal), y el sexo; M (masculino), F (femenino), y se debe considerar la longitud de cada pelo:

- Sí son mayores a 4 cm colocarlos en forma de zigzag.
- Sí son de una longitud menor a 4 cm, colocarlos de manera recta en la lámina evitando que se forme alguna burbuja de aire.

2.1.5 *Análisis microscópico* Se realizó en Microscopio binocular Zeiss Primo Star 415500-0051-000 con los lentes objetivos x4, x10, x40 en el cual con el lente objetivo de x4 se pudo enfocar el pelo, con el lente objetivo de x10 se identificó su pigmentación, medula, corteza, mientras que con el lente objetivo de x40 se pudo apreciar de mejor manera la cutícula, patrón tricológico de cada pelo, además se observar las principales características distintivas del cabello como; la forma de la raíz, el extremo distal, para la medición de los cabellos se incorporó una computadora *hp* portátil con ayuda del programa LAB-Scope, el cual ayudo a la medición de las muestras y poder tener mayor resolución al momento de realizar las tomas de las imágenes.

## 2.2 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con ayuda de los programas Jamovi versión 2.4.8 current, el cual fue utilizado para ingreso de datos y análisis de estadístico, mientras que Excel versión 2021 fue utilizado para ingreso de datos y elaboración de tablas dinámicas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

la obtención de las muestras se utilizaron dos tipos de técnicas, para el pelo que se encuentra en la región púbica, piernas, brazos, fue más fácil obtener con el uso de pinzas esto se dio a que el pelo en esas regiones es más pequeño. Las muestras de pelo de la región occipital y de animales no presento ningún inconveniente al realizar la toma de muestras a través del uso del peinado. Observar en la **Tabla 5**. Sin embargo, Barbera & Turegano (1991) destacan que los pelos no son idénticos en su totalidad, es decir, que sus características microscópicas varían de acuerdo a su sector, y se recomienda seguir el siguiente método de recolección en el cual se deberá tomar entre dos o tres pelos con una separación de 1,5 a 3,5 cm.

*Tabla 5 Técnicas de extracción de pelo*

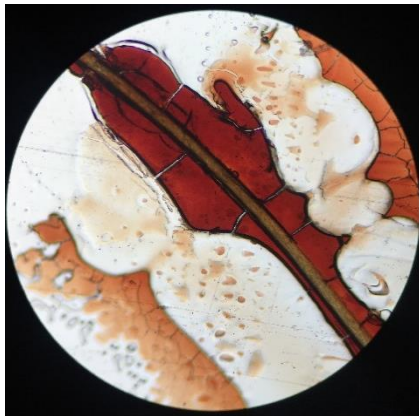
Tipo de pelo	Peinado			Uso de pinzas		
	Hombre	Mujer	Animal	Hombre	Mujer	Animal
<b>Región Pélvica</b>	X	X		O	O	
<b>Extremidades inferiores</b>	X	XX	O	O	XX	O
<b>Región axilar</b>	X	XX		O	XX	
<b>Región occipital</b>	O	O	O	O	O	O

O: Obtención de muestras; X: Presentaron inconvenientes; XX: No presentaron pelo en las áreas mencionadas

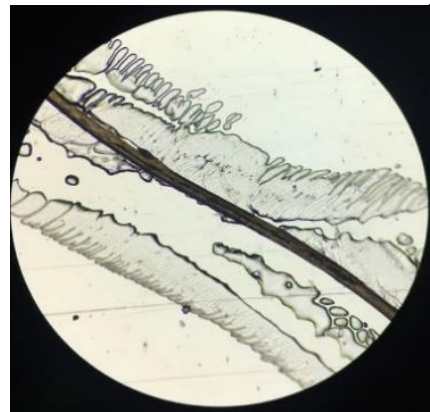
- Para la toma de vello púbico solo se realizó mediante el uso de pinzas, esto debido a que por peinado fue complicado su obtención, además de tener en cuenta que no todos pueden presentar vello en esta zona por motivos estéticos.
- Lo concerniente a extremidades inferiores se obtuvieron muestras de hombre y animal, en hombre solo se obtuvieron muestras por extracción con pinzas, mientras que en animal se obtuvieron de las dos formas mencionadas, no obstante, de mujer, no se pudo obtener muchas ya que suelen depilarse.
- Para la toma de vello axilar solo se realizó mediante el uso de pinzas en hombre, esto debido a que por peinado fue complicado su obtención, en mujer no se pudo obtener muestras a mayor higiene y estética en esa zona.
- Para la toma de muestras de la región occipital tanto en animal y humano se pudo realzar de manera idónea y no presento ningún inconveniente, esto debido a que el pelo en esa zona no era muy pequeño.

Los pelos que se contaminaron con sangre y polvo, al momento de lavar no presentaron ninguna diferencia al usar solución jabonosa o carbonato de sodio al 10%, lo cual se puede observar en la **Ilustración 5** y **Ilustración 4**. No obstante, Alcocer & Rodríguez (1993) mencionan el uso de éter y carbonato de potasio al 10% para la limpieza y eliminación de contaminantes además del uso alcohol absoluto para su deshidratación y poder tener una muestra más limpia y que no haya ninguna interferencia al momento de su análisis y observación en el microscopio.

*Ilustración 5 Pelo contaminado con sangre*



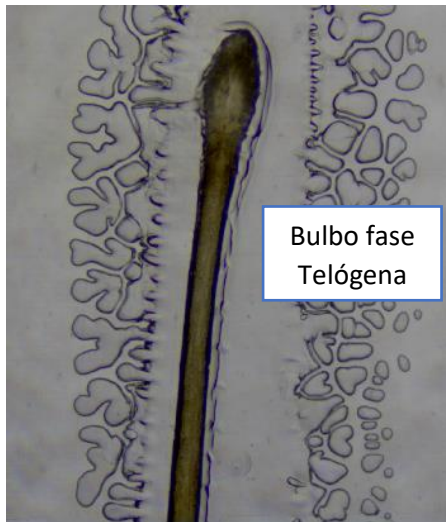
*Ilustración 4 Pelo lavado con carbonato de sodio al 10%*



Las muestras analizadas en el microscopio óptico, fueron realizadas con la técnica del examen directo, para lo cual se usó los diferentes lentes objetivos del microscopio, en los cuales se pudieron apreciar diferentes características esenciales en el análisis del pelo, las muestras con el lente objetivo de x10 nos permitió analizar, su bulbo, corteza y medula, mientras que al usar el lente objetivo de x40 se pudo observar a detalle la corteza (grosor) y la medula, además de observar si existe alguna interferencia en la muestra ver de la **Ilustración 6** a la Ilustración 8 Rebossio (2013) destaca que se debe analizar la cutícula y corteza, esto se debe a que estas partes del pelo son de importancia pericial y también son otro factor a determinar si el pelo es de origen humano o animal, principalmente se radica en el índice de sus escamas considerando que en los animales existe mayor variedad de escamas que en los humanos, por otro lado, la corteza debe ser analizada con bálsamo de Canadá, ya que permite una correcta penetración de la luz para poder examinar los gránulos que se pigmentan en el pelo, pero en casos que no se pueda observar ninguna de las características esenciales del pelo se debe realizar tinciones (colorante de anilina, violeta de genciana, fucsina y violeta de metilo), esto nos permitirá observar de mejor manera la cutícula, debido a

que la cutícula será teñida del color correspondiente, mientras que el resto del pelo quedara de manera incolora.

*Ilustración 6 Bulbo de pelo Humano*



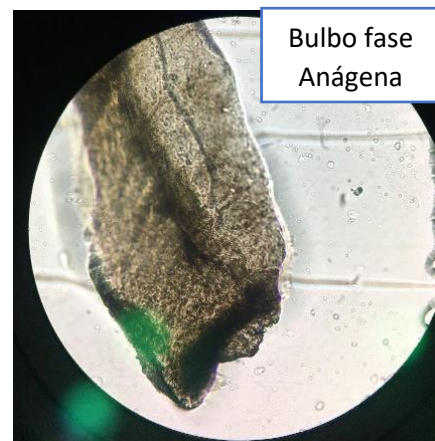
*Ilustración 7 Corteza y médula del pelo Humano*



*Ilustración 9 Pelo humano con lente objetivo x10*



*Ilustración 8 Bulbo de pelo humano con lente objetivo x40*



Para el peritaje forense es importante tener en cuenta una base de datos, esto facilita la rotulación de las muestras dubitadas e indubitadas, debido a esto se creó una matriz para las muestras indubitadas que se analizaron en este trabajo, observar **Tabla 6**. Rodríguez et al. (2016) señala que es importante tener una base de datos con información pertinente de los diferentes análisis a realizar, ya que el perito cumple un rol importante en diferentes áreas de investigación y en muchos casos es requerido de su

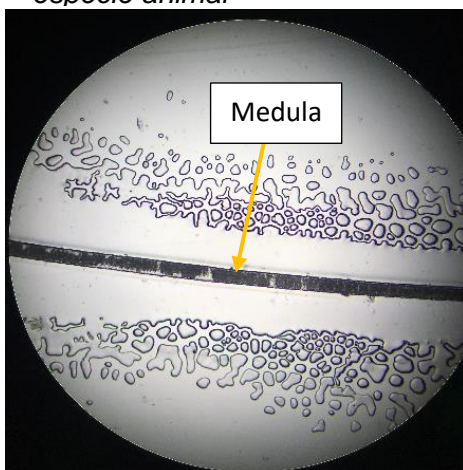
conocimiento y además de eso los informes que el mismo realice, esto es debido a que las ciencias forenses influye en las investigaciones gracias a su parte analítica, razonable y deducible, gracias a que tiene diversos conocimientos que sirven en diferentes campos de estudio que son de suma importancia en una investigación policial, administrativa, psicológica o de decreto judicial. Por otro lado, Zambrano (2021) menciona la importancia de la cadena de custodia en donde es importante considerar los sitios de los sucesos, la víctima, victimario y los medios en donde se realizó el delito, esto con el fin de una buena práctica pericial, ya que al realizar una investigación pericial y pasar por alto acontecimientos, datos o evidencias, esto puede afectar a la resolución de un caso y afectar en una sentencia penal, resaltando la pericia tricológica, dado a que es importante llevar a cabo una cadena de custodia de manera legítima, la cual debe ser realizada por un perito forense, es decir, una persona con conocimientos en el área forense y se encuentre calificado para realizar estas labores judiciales, cabe resaltar que lo más considerado en un examen tricológico a destacar es su, recolección, embalaje, rotulación, preservación de la muestra y el traslado de las muestras de manera idónea y registrando en una base de datos para posteriormente realizar un informe pericial.

*Tabla 6 Matriz categorización de muestras*

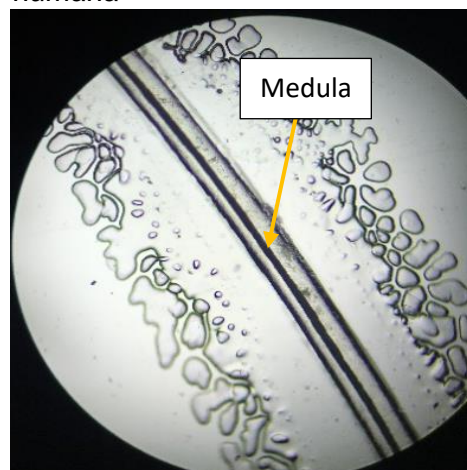
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
<b>Especie</b>	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y Ilustración 9, Tabla 7
<b>Categoría</b>	Ilustración Ilustración 13.
<b>Nombre</b>	Importante para las muestras indubitadas
<b>Sexo</b>	Tabla 8
<b>Región donde se realizó el muestreo</b>	Tabla 10
<b>Largo de la muestra tomada</b>	Tabla 10
<b>Color de pelo</b>	Castaño, castaño oscuro, rubio cenizo, amarillo, naranja, blanco, gris,
<b>Tipo de pelo</b>	Ondulado, lacio
<b>Olor del pelo</b>	Característico, manzanilla, aloe vero, coco, romero, frutos rojos.
<b>Observaciones</b>	Cabellos tinturados, cabellos que pierden pigmentación (canas), muestras que fueron contaminadas

En la matriz que se puede observar en la **Tabla 6**, lo primero a determinar fue la especie a la cual correspondía el pelo humano, lo cual fue realizado mediante el análisis de la medula de las diferentes muestras, en donde se pudo observar que la medula animal es más grande que la de especie humana, las cuales se pueden observar en **Ilustración 10** y **Ilustración 11**. Pilco (2012) afianza que el canal medular en animales es voluminoso en comparación con el humano, además de hacer énfasis en su índice medular dando a destacar que el índice medular de un humano es de 0,30 en relación con el índice medular que puede llegar a presentar un animal el cual radica en 0.50. Otras condiciones a destacar en la caracterización de especie animal y humana, fueron su textura y olor, los cuales se pueden observar en la Tabla 7 Características entre pelo animal y humano. Rebossio (2013) Reafirma que la textura del cabello humano es suave y fina, y que se pueda apreciar esto en todos los tipos de pelo de las diferentes regiones anatómicas del cuerpo humano, por otra parte, Vázquez (2013) hace mención a que el cabello de animal tiene una textura un poco tosca (rustica) en comparación al pelo humano, además de hacer énfasis en que el pelo humano es delgado, y el pelo de animal es grueso.

*Ilustración 10 Medula de especie animal*



*Ilustración 11 Medula de especie humana*



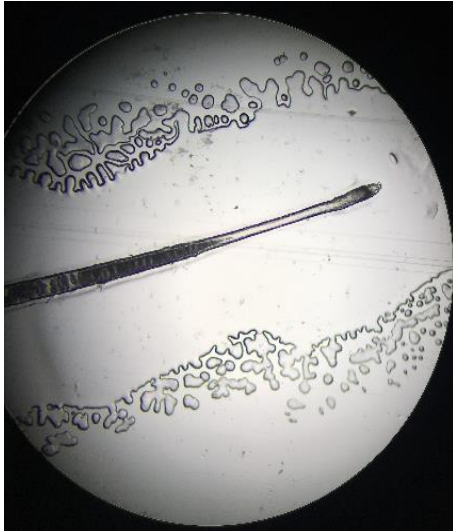
*Tabla 7 Características entre pelo animal y humano*

<b>Características</b>	<b>Pelo Humano</b>	<b>Pelo animal</b>
<b>Textura</b>	Delgada	Gruesa
<b>Medula</b>	Ausente, estrecha o fragmentada	Ancha y continua
<b>Corteza</b>	Gruesa	Delgada
<b>Olor</b>	Según productos que use el individuo	característico

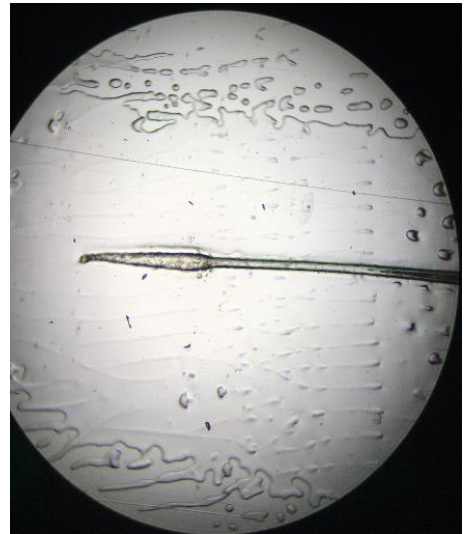
Para la determinar la categoría se analizó el bulbo, ya que el pelo humano presento un bulbo ovalado, mientras que el canino presento un bulbo en forma de flecha y el felino tuvo una forma alargada y uniforme, observar Ilustración 12 a la Ilustración 13 Ilustración 15, Baca et al. (Baca et al., 2010) indica que el ensanchamiento del bulbo se debe a que en este se encuentra la papila dérmica la cual cuenta con un tejido conectivo de vasos sanguíneos, además de que en el bulbo se puede encontrar una capa de células de origen epidérmico, además de resaltar el estudio de pelo en especies, debido a que este ha tenido un mayor impacto con el pasar de los años, Sahu et al. (2017) hace referencia a la importancia del bulbo, debido a que es utilizado en la categorización de ADN, lo cual es utilizado mediante el Corpúsculo de Barr que permite la identificación de ADN y de sexo, además de indicar que el bulbo almacena genética tanto materna y paterna, ya que en casos criminalísticos es utilizado para el dictamen de un juicio mediante las muestras dibutadas e indubitadas,



*Ilustración 12 Bulbo de felino*



*Ilustración 13 Bulbo de canino*



*Ilustración 14 Bulbo especie humana*



*Ilustración 15 Bulbo de especie humana*



La determinación de sexo se realizó mediante la medición de las diferentes muestras en donde se pudo determinar que para los humanos cada pelo tiene diferente diámetro en base a su región anatómica, en comparación al pelo animal que no mostro diferencia en las diferentes partes anatómicas donde se encuentra cubierto de pelo, además se pudo determinar que el pelo femenino consta de un mayor diámetro que el pelo masculino, lo cual se pudo constatar que sucedía tanto en humanos como en animales, observar en la **Tabla 8** y Tabla 9, Vázquez (2013) Hace referencia a que el pelo tiende a tener

diversos diámetros, esto se debe al tipo de raza a la que pertenezca el individuo y contemplando la ascendencia del mismo hace que estas sean características importantes en la determinación de raza y no solo en poder determinar el sexo. Bhardwaj et al. (2020) hace énfasis en que la manera más determinante para saber el sexo a través de un elemento piloso es mediante los cuerpos de Barr, ya que en la actualidad su estudio ha ayudado en la medicina clínica y en el área de genética y en la actualidad son de una ayuda indispensable en las ciencias forenses.

*Tabla 8 Determinación de sexo mediante diámetro del pelo.*

<b>Sexo</b>	<b>Diámetro</b>
<b>Hombre (humano)</b>	80,4 - 151, 2 $\mu\text{m}$
<b>Mujer (humano)</b>	93,3 – 185,2 $\mu\text{m}$
<b>Macho (animal)</b>	201 $\mu\text{m}$
<b>Hembra (animal)</b>	221 $\mu\text{m}$
<b>Macho (animal felino)</b>	201 $\mu\text{m}$
<b>Hembra (animal felino)</b>	221 $\mu\text{m}$

*Tabla 9 Valoración de las muestras medidas*

<b>Región anatómica</b>	<b>Humano</b>		<b>Animal (canino y felino)</b>	
	Masculino	Femenino	Hembra	Macho
<b>Pelo púbico</b>	151,2/1.77	185,2/0,894		
<b>Pelo de extremidades inferiores</b>	80,4/1,231	/	221/0.513	201/0.513
<b>Pelo axilar</b>	85,8/1,18	93,3/0.801		
<b>Pelo occipital</b>	95,6/1,05	119,9/2.490		

Los valores se expresan como X/S = Media/Desviación estándar  
/ = No fue realizado

Para poder determinar la región anatómica a la que correspondía cada pelo, se lo midió y consiguiente a esto se observó en el microscopio su diámetro, médula y punta, observar **Tabla 10**, Vázquez (2013) Refiere a que el pelo tiene diverso diámetro debido a la región anatómica a la que se encuentre, esto se debe a que cada pelo cumple diferentes funciones en el organismo destacando la principal que es la protección del mismo de diversos organismos.

*Tabla 10 Características generales del pelo humano según su región anatómica*

<b>Características</b>	<b>Región anatómica</b>			
	<b>Púbica</b>	<b>Extremidades inferiores</b>	<b>Axilar</b>	<b>Occipital</b>
<b>Longitud</b>	2.5 cm – 4.5 cm	3.5 cm	3.5 cm	4.5 cm – 35 cm
<b>Punta</b>	Irregular	Fina y larga	Filamentosa	Filamentosa, cónica
<b>Diámetro</b>	151, 2 µm	80,4 µm	85,8 µm	95,6 µm
	185, 2 µm	-	93,3 µm	119,2 µm
<b>Medula</b>	Continúa	Fragmentada	Presente o discontinua	Continúa
<b>Forma</b>	Rizada	Ligeramente rizada	Rizada	Variable

En la sección de Diámetro el primero valor corresponde a Masculino y el segundo valor corresponde a Femenino

El punto más determinante para el análisis del pelo de fase anágena y fase telógena se realizó en base a la pigmentación que mostraba cada uno de los pelos analizados, esto se debe a que el pelo en fase anágena presenta una mayor pigmentación que el pelo en fase telógena, observar desde la Ilustración 16 a la Ilustración 18. Pilco (2012) refiere que la pigmentación del cabello cambia debido a que los gránulos de pigmentación presentan un menor aporte en la papila dérmica, además de resaltar que la principal característica que da la pigmentación al cabello es la enzima melanina, la cual es

producida por las células especializadas melanocitos que al estar en contacto con la papila dérmica dan su característico color.

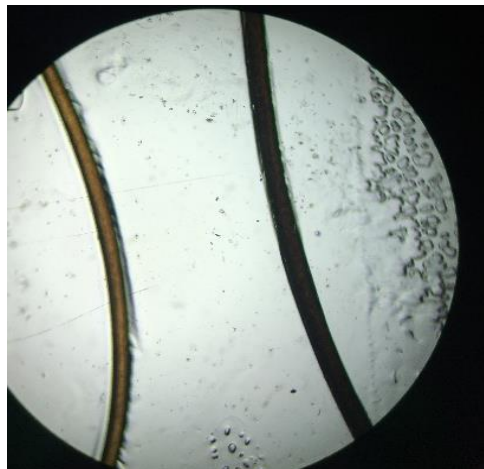
*Ilustración 16 Pelo fase anágena*



*Ilustración 17 Pelo fase telógena*



*Ilustración 18 Diferencia entre muestra de pelo en fase anágena y telógena*



*En la parte izquierda se puede observar un pelo telógeno y en la parte derecha un pelo anágeno*

La diferencia del bulbo en las fases mencionadas se puede observar desde la Ilustración 19 a la Ilustración 22. Donde se puede apreciar un bulbo limpio o llano correspondiente a la fase telógena, mientras que el bulbo correspondiente a la fase anágena presenta un enroscamiento, Rebossio (2013) manifiesta que la fase anágena es la fase de crecimiento del pelo y que este tipo de pelo en esa fase es muy activo, contrario al pelo en fase telógena, el cual se encuentra en estado de reposo y en este estado detiene su crecimiento lo cual es más susceptible a que se desprenda debido al crecimiento de un nuevo elemento piloso.

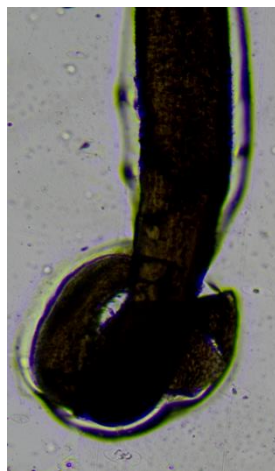
*Ilustración 20 Bulbo fase anágena*



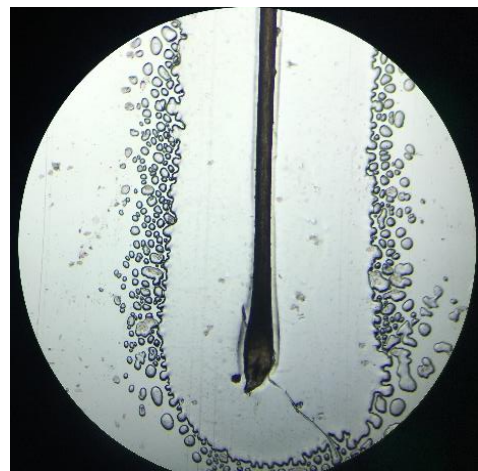
*Ilustración 19 Bulbo en fase telógena*



*Ilustración 22 Bulbo en fase anágena (enroscado)*



*Ilustración 21 Bulbo en fase telógena (bulbo llano)*

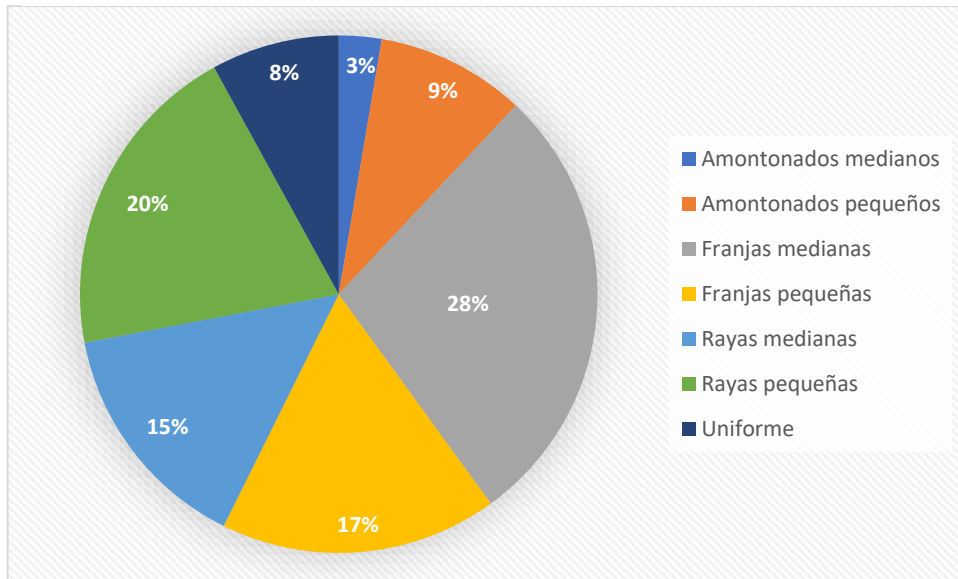


En la determinación del patrón tricológico se pudieron constatar 7 diferentes patrones tricológicos tanto en la fase anágena como en la fase telógena, observar en la Tabla 11 y Tabla 12, en la **Ilustración 23** y Ilustración 24 se puede observar el porcentaje de los patrones obtenidos y la cantidad de patrones analizados. Rojas et al. (2012) refiere a que el patrón tricológico es el análisis del canal medular, el cual puede cambiar en base a la especie, los caracteres específicos del individuo, por otro lado, Jiménez et al. (2022) menciona que el análisis microscópico de los elementos pilosos encontrados en una escena de crimen es de suma importancia para determinar si la muestra dubitada se relaciona con alguna de las muestras indubitadas en la base de datos ya establecida, Sin embargo Pilco (2016) hace énfasis en que la pigmentación es importante, ya que esta es más notoria en el canal medular, lo cual hace que el pelo tenga una caracterización propia en su patrón, partiendo desde un patrón uniforme hasta uno amontonados pequeños.

*Tabla 11 Patrón tricológico de fase anágena*

<b>Patrón Tricológico</b>	<b>Fase anágena</b>
<b>Franjas pequeñas</b>	13
<b>Uniforme</b>	06
<b>Rayas medianas</b>	11
<b>Amontonados pequeños</b>	07
<b>Franjas medianas</b>	21
<b>Rayas pequeñas</b>	15
<b>Amontonados medianos</b>	02
<b>Total</b>	75

Ilustración 23 Patrón tricológico de fase anágena

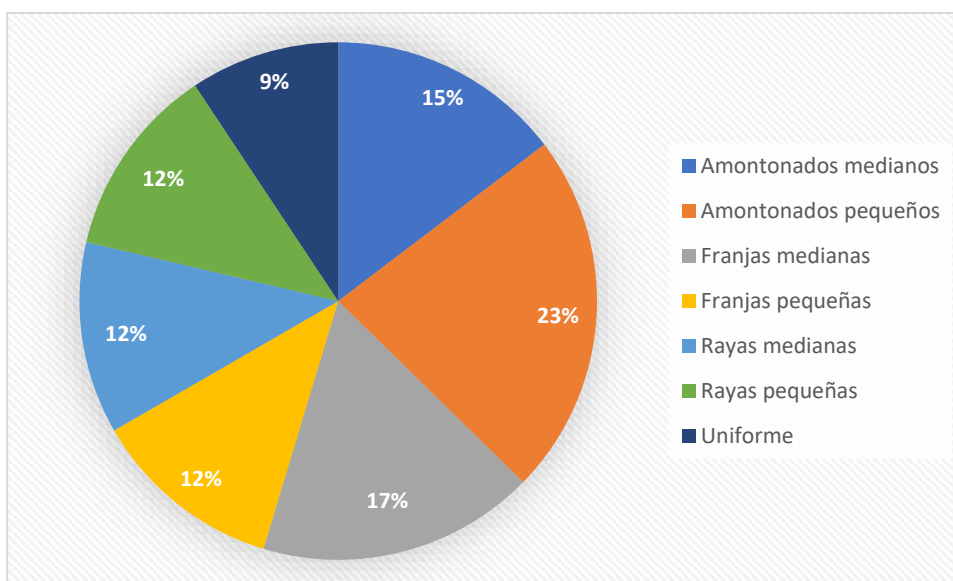


En los siete patrones en la fase anágena se logró evidenciar que los patrones con menos frecuencias son los patrones amontonados pequeños con un 3%, mientras que el patrón que es más frecuente encontrar fue el de franjas medianas con un 28%

Tabla 12 Patrón tricológico de fase telógena

Patrón Tricológico	Fase telógena
Franjas pequeñas	9
Uniforme	7
Rayas medianas	9
Amontonados pequeños	17
Franjas medianas	13
Rayas pequeñas	9
Amontonados medianos	11
<b>Total</b>	<b>75</b>

Ilustración 24 Patrón tricológico de fase telógena



En los siete patrones en la fase telógena se logró evidenciar que los patrones con menos frecuencias son los patrones uniformes con un 9%, mientras que el patrón con más frecuencia a encontrar es el patrón amontonado pequeño con un 23%.



#### **4. CONCLUSIONES**

Las principales técnicas para la recolección del espécimen fueron el peinado para zonas de fácil acceso, mientras que para zonas de difíciles se empleó pinzas. El lavado se realizó con disoluciones jabonosas y carbonato de potasio al 10%, para su observación se empleó la técnica de microscopía.

La caracterización empleo dos métodos; el análisis macroscópico que se realizó a través de la determinación del color, textura y longitud, mientras que en el estudio microscópico se determinó el diámetro total y medular que permite establecer la especie y la región anatómica a la cual pertenece.

Mediante el estudio de crecimiento del pelo se diferenciaron dos fases: anágena (pelo arrancando desde la raíz) y telógena (el pelo cae de manera natural); en la anágena se encuentra bien pigmentado con menor ausencia de papila y bulbo mientras que en la telógena el pigmento es más débil y su ausencia de papila y bulbo es más significativo, además de observar que la pigmentación en el canal medular es una característica importante en la identificación del patrón tricológico, lo cual es muy determinante en la comparación de muestras dubitadas en indubitadas a la hora de determinar la exclusión o inclusión de un principal sospechoso en una escena del crimen.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar el análisis de corpúsculo de Barr para determinar el sexo en el pelo.
- Hacer una comparación entre en método directo (uso de cinta adhesiva) y el bálsamo de Canadá para el análisis microscópico.
- Realizar un estudio en personas mayores para evidenciar los cambios que sufre el cabello.
- Analizar otros patrones tricológicos que puede presentar el pelo.
- Seleccionar un estrato más grande de modo que cuente con cada una de las zonas de interés para la investigación.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, S. (2021). *DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE TRICOLOGÍA FORENSE A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE TÉCNICAS EMPLEADAS EN RESOLUCIÓN DE CASOS MÉDICO LEGALES*. UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA.
- Airlie, M., Robertson, J., & Brooks, E. (2021). Forensic hair analysis – Worldwide survey results. *Forensic Science International*, 327, 110966. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110966>
- Alcocer, J., & Rodríguez, A. (1993). *Medicina legal: conceptos básicos*. Limusa.
- Alonso, T., Ruíz, D., Gay, P., Cano, L., & Asz, D. (2022). Actualidades de la estética y cuidado del pelo. *Dermatología Cosmética, Médica y Quirúrgica*, 20(2), 205–215. [https://dcmq.com.mx/pdf-ediciones/DCMQ\\_2022\\_V20-N2.pdf](https://dcmq.com.mx/pdf-ediciones/DCMQ_2022_V20-N2.pdf)
- Altamirano, J. E., Ramírez Erick Paul, & Yllecas Edson León. (2019). *Prueba orientativa para La identificación de la raza a partir de una muestra de pelo como método de exclusión*. 32–35. [https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1903/Articulo11\\_.pdf](https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1903/Articulo11_.pdf)
- Araucaria, D., Sánchez, G., Alfaro, A., Sandoval-Tress, C., Daniela, D., & Guzmán-Sánchez, A. (2010). *Estructura molecular y desarrollo del pelo Hair's molecular structure and development*.
- Atasever, D., & Pamukoglu, N. (2020). Hair Morphology Examination of Badger Meles Meles (L., 1758) in Turkey By Using Light And Scanning Electron Microscopes. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 7(1), 67–72. <https://doi.org/10.17350/HJSE19030000175>
- Baca, I., Sánchez, V., & Stoner, K. (2010). *Morfología del pelo en mamíferos terrestres*.
- Barbera, F., & Turegano, J. (1991). *Manual de Técnica Policial*. Tirant lo Blanch.
- Barros, F., Kuhnen, B., Serra, M. da C., & Fernandes, C. M. da S. (2021). Ciencias forenses: principios éticos y sesgos. *Revista Bioética*, 29(1), 55–65. <https://doi.org/10.1590/1983-80422021291446>
- Bhardwaj, N., Bhat, N., Gupta, H., Puri, A., Nangia, R., & Kaur, R. (2020). INTERNATIONAL JOURNAL OF CURRENT MEDICAL AND PHARMACEUTICAL RESEARCH BARR BODIES-A SPOONFUL OF SEX CHROMATIN. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CURRENT MEDICAL AND PHARMACEUTICAL RESEARCH*, 6(1), 4939–4942. <https://doi.org/10.24327/23956429.ijcmpr202001838>

- Cáceres, V., Vázquez, C., Lucena, M., & Sánchez, F. (2021). *TRICOLOGÍA FORENSE, Incluye Ilustraciones y descripciones* (A. Ríos Rivera, V. Julio García, G. Nieves Loja, C. Varguillas Camona, C. Jiménez Granizo, P. Djabayan Djibeyan, M. Cejas Martínez, C. Naranjo Navas, Zúñiga Donoso. Sandra, & L. Tuaza Castro, Eds.; UNACH, 2021, Vol. 1). Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). <https://doi.org/https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.30>
- Calderón, A., & Moreno, L. (2001). *EVALUACION ESTADISTICA DEL VALOR COMO EVIDENCIA DE CABELLOS PROVENIENTES DE INDIVIDUOS RELACIONADOS EN PRIMER Y SEGUNDO GRADO DE CONSANGUINIDAD [CARRERA DE BACTERIOLOGIA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA]*. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55793/tesis.PDF?sequence=1>
- Castañeda, P., & Cordero, S. (2018). El pelo: generalidades y enfermedades más comunes. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 61(3), 48–56. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0026-17422018000300048](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422018000300048)
- Esparza, J. (2019). EL PELO COMO MATRIZ TOXICOLÓGICA. *Gaceta internacional de ciencias forenses*, 30, 10–18. <https://dialnet.unirioja.es/revista/16397/A/2019>
- Fernandes, C., Medronho, B., Alves, L., & Rasteiro, M. G. (2023). On Hair Care Physicochemistry: From Structure and Degradation to Novel Biobased Conditioning Agents. *Polymers*, 15(3), 608. <https://doi.org/10.3390/polym15030608>
- Fiscalía General del Estado del Ecuador. (2014). *MANUALES, PROTOCOLOS, INSTRUCTIVOS Y FORMATOS DEL SISTEMA ESPECIALIZADO INTEGRAL DE INVESTIGACIÓN MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES*. [www.registroficial.gob.ec](http://www.registroficial.gob.ec)
- García, A. (2021). *Análisis de tóxicos en el pelo asociados a adicción en la Región de Murcia* [UNIVERSIDAD DE MURCIA]. [https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/111588/1/An%c3%a1lisis%20de%20t%c3%b3xicos%20en%20el%20pelo%20asociados%20a%20adicci%c3%b3n%20en%20la%20Regi%c3%b3n%20de%20Murcia\\_Ana%20M%c2%aa%20Garc%c3%ada%20Mu%c3%b1oz.pdf](https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/111588/1/An%c3%a1lisis%20de%20t%c3%b3xicos%20en%20el%20pelo%20asociados%20a%20adicci%c3%b3n%20en%20la%20Regi%c3%b3n%20de%20Murcia_Ana%20M%c2%aa%20Garc%c3%ada%20Mu%c3%b1oz.pdf)
- Granda, N. (2020, septiembre 25). *anatomía del vello*. Clínica Nérida Grande . <https://www.doctoragrande.com/ventajas-depilacion-luz-pulsada/mipelobylacovin/>

- Hawkshaw, N. J., Hardman, J. A., Alam, M., Jimenez, F., & Paus, R. (2020). A study of a group of genes involved in the hair growth cycle. *British Journal of Dermatology*, 182(5), 1184–1193. <https://doi.org/10.1111/bjd.18356>
- Jiménez, D., & Torres, H. (2020). *Utilidad de la caracterización tricológica en las ciencias forenses para la resolución de casos investigados*. [LABORATORIO CLÍNICO E HISTOPATOLÓGICO]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.
- Jiménez, D., & Torres, H. (2022). *Utilidad de la caracterización tricológica en las ciencias forenses para la resolución de casos investigados*. [LABORATORIO CLÍNICO E HISTOPATOLÓGICO]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.
- Kaur, H., Kaur, R., & Sharma, T. (2021). A REVIEW STUDY ON FORENSIC ANALYSIS OF NON-HUMAN HAIRS-A MORPHOLOGICAL EXAMINATION OF TRACE EVIDENCE. *International Journal of Recent Scientific Research*, 12(8), 42768–42771. <https://doi.org/10.24327/ijrsr.2021.1208.6150>
- Khan, A., Maryam, J., Yaqub, T., & Nadeem, A. (2014). Human Hair Analysis among Four Different Castes Having Potential Application in Forensic Investigation. *Journal of Forensic Research*, 05(02). <https://doi.org/10.4172/2157-7145.1000215>
- Kock, S. (2004). *Microscopía del cabello Parte 1: una guía práctica y manual para cabellos humanos Douglas W. Deedrick*. FORENSIC SCIENCE COMMUNICATIONS. [https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2004/research/2004\\_01\\_research01b.htm](https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)
- Lema, H. (2022). El Debido Proceso y la Criminalística. *Revista Cientific*, 7(23), 158–170. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2022.7.23.8.158-170>
- Lin, X., Zhu, L., & He, J. (2022). Morphogenesis, Growth Cycle and Molecular Regulation of Hair Follicles. En *Frontiers in Cell and Developmental Biology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.899095>
- Liz, F., & Martínez, A. (2020). *El cabello humano*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30561.12648>
- Mira, F., & Vivancos, F. (2018). NUEVAS EVIDENCIAS EN LA ALOPECIA POR STRÉS: PAPEL DE LOS NUTRICOSMÉTICOS CON PASIFLORA. *Revista argentina de dermatología*, 99(4), 8–22.
- Moreno, G. (2005). *EFEECTO DE UN SISTEMA DE FOTOTRICÓLISIS, LUZ PULSADA INTENSA NO COHERENTE, EN EL CICLO FOLICULAR DE LA CARA: ASPECTOS CLÍNICOS Y ANATOMOPATOLÓGICOS* [Facultat de Medicina,

- Ocampo Armando, R. M. D., Barrezueta Palacios, C. J. M., & Vilela Pincay, W. E. M. (2019). *La Naturaleza de la Criminalística y sus disciplinas The Nature of Criminalistics and its disciplines* (Vol. 3). <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/issue/view/3>
- Orio, E. D. ', Calabrese, G., Lucanto, C., Montagna, P., & ; D'orio, E. (2023). Assessing Performance in Forensic Hair Examination: A Review. *International Journal of Law in Changing World*, 1(1). <https://doi.org/10.54934/ijlcw.v2i1.38>
- Peña, M., Cepeda, M., Cáceres, V., & Sánchez, F. (2019). Estudio de Tricología Forense en casos donde el Elemento Piloso es Crucial para la Investigación, como Indicio en un Hecho Delictivo. *Ciencia Digital*, 3(1.1), 199–215. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i1.1.404>
- Pilco, N. (2013). *TRANSICIÓN DEL PATRÓN TRICOLÓGICO DE LA FASE ANÁGENA A LA FASE TELÓGENA DE CABELLOS HUMANOS [UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN]*. [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2971/289\\_2014\\_pilco\\_ferrero\\_n\\_faci\\_biologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2971/289_2014_pilco_ferrero_n_faci_biologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pilco, N. (2016). *Manual de Tricología Forense. Aspectos Básicos para la Descripción de Cabellos*.
- Rebossio, D. (2013). *Estudio Pericial Del Pelo [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE]*. [https://hsdpericias.com.ar/biblioteca/ESTUDIO\\_PERICIAL\\_DEL\\_PELO.pdf](https://hsdpericias.com.ar/biblioteca/ESTUDIO_PERICIAL_DEL_PELO.pdf)
- Rodríguez, J., Romel, R., & Vera, L. (2016). Bases teóricas de las ciencias forenses contemporáneas y las competencias interdisciplinarias profesionales. *Medicentro Electrónica*, 20(1), 3–10.
- Rojas, N., Muñoz, G., & Cruz, A. (2012a). Importancia del microscopio en el análisis de pelos en la Criminología y en la Criminalística. *Revista de la Escuela de Medicina Legal*, 18–23. [https://doi.org/10.5209/rev\\_REML.2012.v19.3946](https://doi.org/10.5209/rev_REML.2012.v19.3946)
- Rojas, N., Muñoz, G., & Cruz, A. (2012b). Importancia del microscopio en el análisis de pelos en la Criminología y en la Criminalística. *Revista de la Escuela de Medicina Legal, ISSN-e 1887-3278, ISSN 1885-9577, N.º. 19 (FEBRERO), 2012, págs. 18-*

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3970891&info=resumen&idioma=ENG>

- Rossani, G., Hernández, I., & Susanibar, J. (2018). Inducción de crecimiento y restauración del folículo piloso con factores de crecimiento autólogos en patología no cicatrizal del cuero cabelludo. *Cirugia Plastica Ibero-Latinoamericana*, 44(2), 151–160. <https://doi.org/10.4321/S0376-78922018000200005>
- Sahu, P., Pal, S., & Rana, A. (2017). Determination of Age and Development of Barr body in Root Sheath Cells of Human Females. *Journal of Forensic Sciences & Criminal Investigation*, 5(4). <https://doi.org/10.19080/jfsci.2017.05.555667>
- Santos, J. E. (2020). ANÁLISIS MICROSCOPICO FORENSE DE PELOS. <https://www.yumpu.com/es/document/read/63944145/analisis-microscopico-forense-de-pelos-2020>
- Singh, S., Bavle, R. M., Hothor, S. S., Vandurangi, S., & Bopaiah, S. (2017). Special Stains to Disclose Barr Bodies in Buccal Scrape for Gender Determination in Forensic Science. *International Journal of Contemporary Medical Research*, 4(3), 777–780. [www.ijcmr.com](http://www.ijcmr.com)
- Smith, M. P., & Bluth, M. H. (2016). Forensic Toxicology: An Introduction. *Clinics in Laboratory Medicine*, 36(4), 753–759. <https://doi.org/10.1016/J.CLL.2016.07.002>
- TEMİZKAN, M. C., & BAYRAKTAROĞLU, A. G. (2017). KIL FOLİKÜLÜ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLİ GENLER. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2(1), 61–73. <https://doi.org/10.24880/maevufd.289297>
- Torres, S., & Villavicencio, A. (2016). CARACTERIZACIÓN TRICOLÓGICA CORTICAL POR HISTOTECNOLOGÍA FORENSE [UNIVERSIDAD PRIVADA NORBERT WIENER]. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/522/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tremori, T. M., Garcia, F. M. M., Flórez, L. M. M., Gonçalves, B. P., de Camargo, B. W. D. F., Gwinnett, C., Teixeira, C. R., & Rocha, N. S. (2018). Hair Analysis of Mammals of Brazilian Wildlife for Forensic Purposes. *Open Journal of Animal Sciences*, 08(03), 335–345. <https://doi.org/10.4236/ojas.2018.83025>

- Usman, M., Naseer, A., Baig, Y., Jamshaid, T., Shahwar, M., & Khurshid, S. (2019). Forensic toxicological analysis of hair: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s41935-019-0119-5>
- Vázquez Sanjuán, L. M. (2013). *Pelos como tipo de indicio en un hecho delictivo*. [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/239663>
- Zambrano, E. (2021). *EXPERTICIA TRICOLOGICA FORENSE* (C. Villegas, M. Piñate, I. Fandiño, Repreza. Eugenia, L. A. González, & R. Orozco, Eds.; FEUBA, Vol. 6). UNIVERSIDAD BICENTENARIA DE ARAGUA. <http://uba.edu.ve/wp-content/uploads/2022/03/7.-EXPERTICIA-TRICOLOGICA-FORENSE-EMILY-ZAMBRANO.pdf>