

La importancia de la tricología para el reconocimiento forense

The importance of trichology for forensic recognition

Margoth Yolanda Alulema Defaz*
Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
margoth.alulema@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2515-7384>

Christian Esteban Rengifo Dávila
Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
christianrengifo@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3367-8796>

***Correspondencia:**
margoth.alulema@unach.edu.ec

Cómo citar este artículo:
Alulema, M., & Rengifo, C. (2025). La importancia de la tricología para el reconocimiento forense. *Esprint Investigación*, 4(2), 159-168.
<https://doi.org/10.61347/ei.v4i2.152>

Recibido: 5 de junio de 2025
Aceptado: 5 de julio de 2025
Publicado: 18 de julio de 2025

Resumen: La tricología es una disciplina científica orientada al estudio del cabello y el cuero cabelludo, incluyendo su estructura, función y patologías, y ha adquirido relevancia en el ámbito forense debido a que los elementos pilosos, por sus características físicas, pueden hallarse en distintos escenarios, incluso de forma inadvertida, convirtiéndose en fuentes valiosas de evidencia. Este artículo tiene como objetivo analizar la utilidad del análisis tricológico en el ámbito forense, destacando su aplicación como herramienta complementaria en investigaciones criminales. La investigación tuvo un enfoque cualitativo, con diseño transversal y documental retrospectivo, basado en una revisión bibliográfica de literatura científica publicada entre 2020 y 2025. Los resultados evidencian que, el análisis tricológico se apoya en técnicas como la microscopía óptica, electrónica y comparativa, el análisis de ADN mitocondrial y la toxicología capilar. La correcta recolección y conservación de muestras mediante materiales especializados garantiza la integridad de la evidencia, mientras que los avances tecnológicos, como la espectrometría de masas y métodos genéticos modernos, han mejorado la precisión y el valor probatorio del análisis capilar en el ámbito forense. En este marco, la tricología forense se posiciona como una técnica complementaria y confiable para el análisis de evidencias biológicas, con un alto potencial para contribuir a la administración de justicia mediante la identificación precisa y oportuna de personas vinculadas con actividades delictivas.

Palabras clave: Análisis forense de cabello, evidencias biológicas, toxicología capilar forense, tricología.

Abstract: Trichology is a scientific discipline focused on the study of hair and the scalp, including their structure, function, and pathologies. It has gained relevance in the forensic field because hair elements, due to their physical characteristics, can be found in various scenarios, sometimes inadvertently, becoming valuable sources of evidence. This article aims to analyze the usefulness of trichological analysis in forensic contexts, highlighting its application as a complementary tool in criminal investigations. The research employed a qualitative approach with a cross-sectional and retrospective documentary design, based on a bibliographic review of scientific literature published between 2020 and 2025. The results show that trichological analysis relies on techniques such as optical, electronic, and comparative microscopy, mitochondrial DNA analysis, and hair toxicology. Proper collection and preservation of samples using specialized materials ensure the integrity of the evidence, while technological advances, such as mass spectrometry and modern genetic methods, have improved the accuracy and probative value of hair analysis in forensic settings. Within this framework, forensic trichology is positioned as a complementary and reliable technique for the analysis of biological evidence, with high potential to contribute to the administration of justice through the precise and timely identification of individuals linked to criminal activities.

Keywords: Biological evidence, forensic hair analysis, forensic hair toxicology, trichology.

Copyright: Derechos de autor 2025 Margoth Yolanda Alulema Defaz, Christian Esteban Rengifo Dávila.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

1. Introducción

La medicina legal y forense en Ecuador ha experimentado importantes transformaciones a lo largo del tiempo, adaptándose a los avances científicos y a las exigencias de un contexto social marcado por un incremento sostenido de delitos y crímenes no resueltos. Esta realidad ha motivado a una creciente comunidad de profesionales en formación a especializarse en esta área, conscientes de su rol fundamental en el esclarecimiento de hechos delictivos mediante herramientas técnico-científicas que permiten sustentar opiniones periciales con rigor probatorio (Takajashi, 2019).

En el contexto ecuatoriano, estas funciones son ejercidas por el Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, entidad encargada de aplicar técnicas especializadas para la elaboración de peritajes que apoyan la administración de justicia, entre ellas, el análisis tricológico aplicado en casos de muertes violentas (Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses del Ecuador, 2023; Quispe, 2025). Las estadísticas reflejan una tendencia preocupante: entre 2021 y 2024 se ha registrado un notable aumento en la incidencia de homicidios, femicidios, sicarios y otros crímenes, con un incremento del 15,38 % de casos en provincias como Manabí, Guayas, Pichincha y Tungurahua en 2022, y un alza al 34 % en los años siguientes (Guarnizo, 2022).

La medicina, como ciencia, abarca múltiples disciplinas orientadas al estudio, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como a la investigación de la causa de la muerte en contextos forenses. En este marco, la tricología se define como la ciencia que estudia el cabello y el cuero cabelludo, cuyo nombre proviene del griego *thrix* o *trikhos* (cabello) y *logos* (estudio), y ha sido aplicada con éxito durante más de seis décadas en el ámbito forense (García & Garces, 2024). Esta disciplina permite, mediante el análisis de las fibras capilares, extraer información valiosa sobre la identidad de una persona, el consumo de sustancias y su exposición a ciertos entornos, puesto que el cabello, debido a su resistencia estructural y a la estabilidad de las sustancias retenidas en su matriz queratínica, conserva sus propiedades incluso meses o años después del deceso, lo que lo convierte en una evidencia biológica de alta utilidad en investigaciones prolongadas (Fernández-Domper et al., 2023).

Diversos estudios han documentado casos resueltos gracias al hallazgo de elementos pilosos en las escenas del crimen. Este tipo de evidencia ha cobrado especial relevancia en situaciones como accidentes de tránsito, homicidios, violaciones, y en la identificación de cuerpos en estado avanzado de descomposición (Peña et al., 2019). No obstante, su validez depende del adecuado manejo de la cadena de custodia, que exige un registro minucioso desde la recolección hasta su análisis en laboratorio. Las muestras no deben ser manipuladas ni separadas de las superficies a las que estén adheridas, y deben ser embaladas y documentadas conforme a los protocolos establecidos (Universidad Insurgentes, 2020; D'Orio et al., 2023). A través de este proceso se puede determinar la condición, cantidad y características del cabello recolectado, evaluando su potencial probatorio (Hernández, 2023).

La aplicación de técnicas tricológicas permite establecer vínculos entre víctimas, sospechosos y el lugar de los hechos, así como reforzar o contradecir otras evidencias del caso, respaldar testimonios, y aportar elementos objetivos durante el juicio, siempre considerando las condiciones y ubicación del hallazgo (Pulgar & Baculima, 2022; Piersanti, 2024). En este campo, se reconocen diversas técnicas forenses que permiten registrar e interpretar las causas de muerte y otros aspectos relevantes en una investigación criminal (Cáceres et al., 2021).

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo: analizar la utilidad del análisis tricológico en el ámbito forense, destacando su aplicación como herramienta complementaria en investigaciones criminales. Para ello se busca, identificar las principales técnicas forenses utilizadas, resaltando su

importancia en la identificación humana y la reconstrucción de hechos delictivos; determinar los materiales esenciales empleados en el proceso pericial, y reconocer los avances tecnológicos recientes que han mejorado la precisión y eficacia del análisis capilar.

2. Metodología

El presente estudio es de tipo transversal, con un enfoque cualitativo y un diseño documental basado en revisión bibliográfica. De acuerdo con la naturaleza y cronología de los hechos analizados, se considera también retrospectivo, porque la información fue obtenida a partir de documentos, archivos y publicaciones de casos ocurridos en el pasado. La investigación se centró en explorar la relevancia forense del análisis capilar, recopilando información a través de una revisión de literatura científica publicada entre los años 2020 y 2025, disponible en bases de datos especializadas como Scielo, Redalyc, PubMed y Scopus. Se dio prioridad a fuentes de alto impacto académico, incluyendo artículos indexados, libros científicos y documentos en formato PDF que abordaran directamente el análisis del cabello humano en contextos forenses.

La búsqueda se realizó empleando palabras clave específicas en español e inglés, tales como: “análisis forense de cabello”, “tricología forense”, “ADN mitocondrial en cabello”, “toxicología capilar forense” y “microscopía en análisis forense de cabello”. Estas fueron combinadas mediante operadores booleanos (AND, OR) para ampliar o restringir los resultados según la pertinencia. Se llevó a cabo una lectura de títulos y resúmenes, seleccionando únicamente aquellos documentos que cumplieran con los criterios de inclusión previamente establecidos como: publicaciones científicas de los últimos cinco años, investigaciones centradas en el análisis forense del cabello humano y estudios relacionados con técnicas como la microscopía, el análisis de ADN mitocondrial y la toxicología capilar. Por otro lado, se excluyeron publicaciones anteriores al año 2020, así como aquellos documentos que no presentaran una vinculación directa con la temática forense o que no cumplieran con los criterios de rigurosidad científica.

Este proceso metodológico permitió identificar y seleccionar fuentes relevantes y actualizadas, las cuales sustentan el desarrollo del análisis y la discusión de la presente investigación en torno a la tricología forense como herramienta clave en la resolución de delitos graves como homicidios, violaciones y asesinatos.

3. Resultados

Técnicas forenses para el análisis tricológico

El análisis tricológico se apoya en distintas técnicas forenses, las mismas que facilitan la identificación humana y contribuyen a la reconstrucción de hechos delictivos, al permitir la asociación de perfiles químicos y genéticos con líneas temporales o eventos específicos. Entre las más relevantes se encuentran:

Microscopía óptica: Permite observar características básicas del cabello, como su diámetro, pigmentación, presencia de médula y otras particularidades estructurales (Hodge & Holjencin, 2020).

Microscopía electrónica: Ofrece una resolución más alta, facilitando la diferenciación precisa entre cabello humano y no humano, y determinando la región anatómica de procedencia del cabello (Hodge & Holjencin, 2020).

Microscopía comparativa: Es fundamental en las etapas iniciales del análisis forense para vincular evidencias entre víctima, agresor o distintos escenarios. Se basa en la comparación directa y simultánea de muestras para identificar similitudes o diferencias marcadas (Reigoto et al., 2021).

Análisis genético mediante ADN mitocondrial (ADNmt): Resulta clave cuando las muestras de cabello no poseen raíz o están en avanzado estado de degradación. A pesar de tener menor poder discriminativo que el ADN nuclear, el ADNmt conserva su integridad por más tiempo, lo que resulta útil en contextos forenses complejos, como restos cadavéricos antiguos o degradados (Chase et al., 2022).

Toxicología capilar: Este método detecta metabolitos de diversas sustancias, incluyendo drogas psicoactivas, venenos y medicamentos, utilizando técnicas avanzadas como la cromatografía líquida-espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS) y la cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). La gran sensibilidad y especificidad de estas técnicas permiten determinar no solo el tipo de sustancia consumida, sino también establecer un perfil cronológico aproximado de exposición o consumo (Mérette, et al., 2023).

Materiales empleados en el proceso pericial

Para llevar a cabo eficazmente los análisis tricológicos, se requiere equipamiento y materiales específicos indispensables para la recolección, almacenamiento y análisis de muestras pilosas en escenarios diversos, asegurando la integridad y validez de la evidencia desde el momento de su recolección hasta su presentación en instancias judiciales (Universidad Insurgentes, 2020; Pogo et al., 2024) (ver tabla 1).

Tabla 1
Materiales utilizados en el análisis tricológico

Material	Detalle	Imagen
Pinzas de punta y goma gebe	Ayudan a tomar la muestra de cabello de forma directa extraída de algún objeto contundente durante la escena del crimen o acto violento.	
Cinta adhesiva 3m	Facilita la adherencia de las bandas hacia la muestra del cabello.	
Aspiradora	Absorbe los cabellos para ser procesados como registro de información y muestras pilosas.	
Líquido para montaje	Se aplica con agua y el montaje debe tener un índice de refracción cerca de la cutícula y corteza del cabello entre 1,52 – 1,54 los medios de montaje también pueden ser aceites minerales, sintéticos y resinas	

Gafas, mandil, guantes y zapatos	Instrumentos necesarios para la indumentaria del agente pericial o médico.	
Gel frio	Ayuda a detectar el tiempo del cabello cuando ha permanecido en la victima o agresor.	
Etiquetas, tubos, cajas, plásticos	El cabello se debe colocar en pequeñas bolsas de polietileno y sus extremos deberán ser marcados con la letra "a" para la raíz y la letra "b".	
Estereoscopio Microscopio de comparación	Permiten observar objetos tridimensionales con profundidad y relieve.	

Los resultados obtenidos mediante las técnicas de montaje de muestras tricológicas, tanto indubitadas como dubitadas, se inician con la documentación y el registro de la forma natural del cabello antes de su fijación. Posteriormente, cada muestra se asegura sobre una lámina portaobjetos utilizando cinta adhesiva transparente tipo 3M, cuidando que la cantidad de cabello empleada sea la adecuada para garantizar una observación microscópica clara y precisa (Crespillo & Barrio, 2020).

Se recomienda no colocar más de cinco cabellos por lámina, a fin de evitar superposiciones que dificulten la observación y asegurar una mejor visibilidad. Cuando los cabellos tienen una longitud inferior a 5 cm, es preferible extenderlos de forma recta sobre la superficie de la lámina; en cambio, si superan dicha longitud, se sugiere disponerlos en forma de zigzag, procurando que queden completamente dentro del área observable. Una vez posicionadas las muestras, se aconseja presionar suavemente la cinta adhesiva sobre ellas para reducir la formación de burbujas de aire, las cuales pueden afectar la claridad y precisión del análisis microscópico de las características capilares (Hernández, 2023).

Avances tecnológicos para la precisión y eficacia del análisis capilar

La implementación de técnicas altamente sensibles y específicas, como la espectrometría de masas, ha fortalecido el valor probatorio del análisis toxicológico del cabello en investigaciones criminales y judiciales (Pogo et al., 2024).

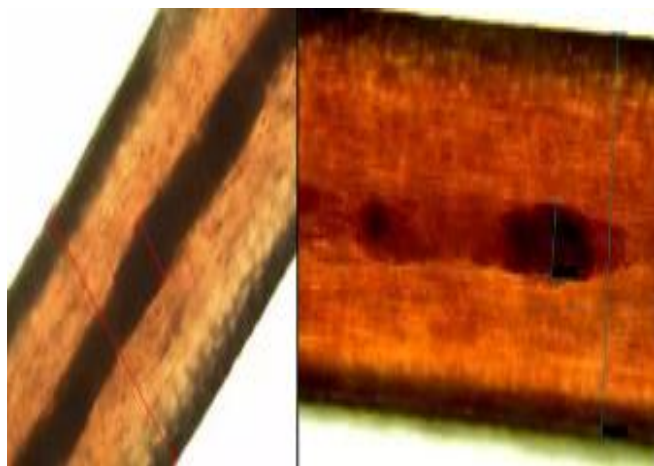
Es importante destacar que, aunque el análisis morfológico resulta valioso, su fiabilidad estadística aumenta cuando se complementa con métodos genéticos o toxicológicos confirmatorios. Esto ha

quedado especialmente evidenciado a partir de iniciativas como el Hair Comparison Review Project del FBI, que subrayaron la necesidad de un respaldo genético para reforzar la validez de las pruebas capilares presentadas en procesos judiciales (Federal Bureau of Investigation [FBI], 2021).

Asimismo, la microscopía permite observar distintas pigmentaciones microscópicas del cabello, lo que aporta información adicional sobre características fenotípicas de posibles agresores o víctimas. Un ejemplo de ello se muestra en la figura 1, donde se identifican claramente la melanina (tonalidades marrones oscuro) y la feomelanina (tonalidades rojizas o claras) (Fernández-Domper et al., 2023).

Figura 1

Color microscópico



Nota. Tomado de Pogo et al. (2024).

4. Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que la tricología forense ha ganado terreno en los procesos investigativos debido a la resistencia del cabello frente a factores ambientales y su capacidad para conservar evidencia biológica. Este hallazgo coincide con lo planteado por Chase et al. (2022) y Bautista et al. (2024), quienes destacan que el cabello, gracias a su composición bioquímica, se convierte en una muestra valiosa en el análisis forense, especialmente cuando se combina con técnicas como la microscopía comparativa, el análisis de ADN mitocondrial y los estudios toxicológicos.

Sin embargo, el uso tradicional del análisis capilar basado exclusivamente en características morfológicas ha sido cuestionado. Nuestros resultados mostraron que varios participantes aún confían en esta metodología visual, pese a que el Hair Comparison Review Project del FBI (2021) evidenció errores significativos en numerosos informes periciales sustentados en comparaciones subjetivas del cabello. Este antecedente subraya la importancia de complementar el análisis morfológico con pruebas genéticas, coincidiendo con lo indicado por Chóez (2020), quien sostiene que el cabello puede encontrarse en diferentes partes del cuerpo de una víctima u homicida como parte del forcejeo, pero su análisis aislado no garantiza resultados concluyentes.

En el contexto de la genética forense, los datos obtenidos confirman la importancia del ADN mitocondrial en casos donde el bulbo piloso no está presente. Esto concuerda con lo planteado por Chase et al. (2022), quien sostiene que el ADNmt no permite una identificación individual como el ADN nuclear, pero sí permite excluir sospechosos o establecer vínculos maternos. Esta utilidad ha sido potenciada por tecnologías como la secuenciación de nueva generación (NGS), destacadas por Suman

et al. (2021), las cuales han mejorado la sensibilidad de estos análisis, lo que se alinea con las percepciones de los encuestados sobre el valor del ADNmt en la práctica forense actual.

Los hallazgos también respaldan la utilidad de la tricología en estudios toxicológicos, especialmente en la detección del consumo de sustancias psicoactivas. Esto es coherente con lo expuesto por Neuman et al. (2022), quienes validan la eficacia de la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS/MS) para detectar metabolitos en el cabello. Los participantes en nuestra investigación reconocieron que este tipo de análisis es especialmente valioso en casos de violencia, abuso o incumplimiento terapéutico, lo cual refuerza su relevancia práctica.

Respecto a los procedimientos en el lugar de los hechos, los participantes mostraron un nivel medio de conocimiento sobre el protocolo de recolección, fijación, embalaje y etiquetado del cabello como evidencia. Esta observación es respaldada por Jiménez & Ruiz (2022), quienes destacan que la cadena de custodia debe respetar el principio de orden, desde el sitio del suceso hasta las instancias judiciales, para evitar la pérdida o contaminación de las muestras.

Además, se encontró coincidencia con Chalfun (2022) en cuanto a que cada escena del crimen es única e irrepetible, y que el análisis comparativo de fibras capilares, cuando se realiza adecuadamente, puede constituir una evidencia crucial para vincular a un sospechoso con un hecho delictivo. La mayoría de los encuestados reconoció esta posibilidad, aunque también indicaron que su eficacia depende del cumplimiento estricto del protocolo pericial.

También se identificaron algunas limitaciones, tanto técnicas como éticas. Los participantes señalaron el riesgo de contaminación de la muestra o de transferencia secundaria del cabello. Esto coincide con lo planteado por Saltos et al. (2024), quienes indican que el análisis morfológico por sí solo tiene bajo poder discriminante. Asimismo, surgieron preocupaciones éticas sobre el uso de este tipo de evidencias sin consentimiento, en línea con los cuestionamientos de Neuman et al. (2022) en torno al respeto a la privacidad y la protección de datos personales.

Finalmente, al analizar las perspectivas futuras, los participantes mostraron gran interés en las innovaciones tecnológicas aplicadas a la tricología forense. Esto refuerza lo propuesto por Malode et al. (2024), quienes identifican el desarrollo de la tricoscopia digital asistida por inteligencia artificial, el análisis automatizado de patrones microscópicos y el uso de sensores nanotecnológicos como herramientas que aumentarán la precisión del análisis capilar, siempre que se respeten los principios éticos y se integren en protocolos validados.

5. Conclusiones

Los resultados evidencian que el análisis tricológico es una herramienta valiosa y complementaria en el ámbito forense, facilitando tanto la identificación humana como la reconstrucción de hechos delictivos. Su capacidad para asociar perfiles químicos y genéticos con líneas temporales o eventos específicos fortalece su utilidad en investigaciones criminales, aunque debe utilizarse junto a otras pruebas para garantizar su validez.

Se identificaron como principales técnicas forenses la microscopía óptica, electrónica y comparativa, el análisis genético mediante ADN mitocondrial y la toxicología capilar. Cada una aporta información complementaria: la microscopía permite la observación morfológica, el ADNmt ofrece un análisis genético útil en muestras degradadas, y la toxicología capilar detecta sustancias químicas, todas contribuyendo decisivamente en la identificación humana y la reconstrucción del delito.

Se estableció que la recolección, conservación y análisis de muestras pilosas requieren materiales específicos como pinzas, cinta adhesiva 3M, aspiradoras, líquidos de montaje, indumentaria adecuada,

gel frío, etiquetas y microscopios especializados. Estos insumos son indispensables para asegurar la integridad, validez y precisión del análisis tricológico desde la escena del crimen hasta su presentación en instancias judiciales.

Los avances tecnológicos como la espectrometría de masas y las técnicas genéticas modernas han incrementado la sensibilidad y especificidad del análisis capilar, fortaleciendo su valor probatorio en contextos judiciales. Además, la observación de pigmentaciones microscópicas aporta información fenotípica complementaria, lo que contribuye a una mayor precisión y eficacia en la identificación forense.

Referencias

- Bautista, I., Huilca, J., Meneses, A., & Morales, D. (2024). Influencia de la pericia de tricología forense en la investigación de delitos de tráfico. *Anatomía Digital*, 7 (2.2), 125-135. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v7i2.2.3061>
- Benítez, A., Mendoza, M., & Chamorro, B. (2024). Avances en el procesamiento de evidencias en el laboratorio forense de la Policía Nacional de Ecuador. *INNOVACIÓN & SABER*, (9), 103-112. <https://acortar.link/bEu1Fv>
- Cáceres, V., Vásquez, C., Lucena, M., & Sánchez, F. (2021). *Tricología forense*. Universidad Nacional de Chimborazo. <https://acortar.link/nNJWOs>
- Chalfun, P. (2022). *O cabelo como matriz biológica nas análises toxicológicas forenses: uma revisão na literatura* (33 f.) [Trabajo académico, Instituto Federal do Rio de Janeiro]. Repositório del IFRJ. <https://repositorio.ifrj.edu.br/xmlui/handle/20.500.12083/917>
- Chase, M., Neumann, A., Erickson, B., & Komonski, D. (2022). Concentrating forensic DNA sample extracts on the Microlab STARlet using the Microlab monitored multi-flow, positive pressure, evaporative extraction module unit. *Forensic Science International*, 335, 111287. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111287>
- Chóez, E. (2020). Evolución histórica de la medicina legal y forense en el Ecuador. *RECIMUNDO*, 4(4), 81–91. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).noviembre.2020.81-91](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).noviembre.2020.81-91)
- Crespillo, M. & Barrio, P. (2020). (Eds.). (2019). *Genética forense: Del laboratorio a los Tribunales* (1.ª ed.). Díaz de Santos. <https://editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522134.pdf>
- D'Orio, E., Calabrese, G., Lucanto, C., & Montagna, P. (2023). Evaluación del rendimiento en el examen forense del cabello. *Internacional de Derecho en un Mundo Cambiante: (The IJLCW)*, 1(2), 103–119. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9337019>
- Federal Bureau of Investigation [FBI]. (2021). *FBI/DOJ Microscopic Hair Comparison Analysis Review*. <https://acortar.link/HR0z1J>
- Fernández-Domper, L., Ballesteros-Redondo, M., & Vañó-Galván, S. (2023). Actualización en tricoscopia. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 114(4), 327–333. <https://doi.org/10.1016/j.ad.2022.12.003>
- García, M., & Garces, M. (2024). El contexto de la tricología en el médico. *Acta Bioclínica*, 14(28), 410-424. <https://n9.cl/z78th>
- Guarnizo, A. (2022). *Epidemiología y perfil médico legal de las muertes violentas en el Ecuador durante el estado de excepción, año 2020* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <https://n9.cl/bqp1u>
- Hernández, C., Moreno, J., Olarte, M., Meza, E., & Flores, N. (2023). Importancia de la correcta manipulación de indicios biológicos para la genética forense. *Enfermería, Innovación y Ciencia*, 5(1), 83-95. <https://doi.org/10.60568/eic.v4i1.1558>

- Hodge, S., & Holjencin, A. (2020). A post-mortem review of forensic hair analysis: A technique whose current use in criminal investigations is hanging on by a hair. *St. Louis University Law Journal*, 64(2), Artículo 5. <https://scholarship.law.slu.edu/lj/vol64/iss2/5>
- Jiménez, D., & Ruiz, H. (2022). *Utilidad de la caracterización tricológica en las ciencias forenses para la resolución de casos investigados* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <https://n9.cl/9nqid>
- Malode, S., Ali, M., & Shetti, N. (2024). Nanomaterial-Based Electrochemical Sensors for the Detection of Pharmaceutical Drugs. *Chemosensors*, 12(11), 234. <https://doi.org/10.3390/chemosensors12110234>
- Mérette, S., Thériault, S., Piramide, L., Davis, M., & Shapiro, A. (2023). Bromazolam Blood Concentrations in Postmortem Cases—A British Columbia Perspective. *Journal of Analytical Toxicology*, 47(4), 385–392. <https://doi.org/10.1093/jat/bkad005>
- Neuman, M., Hundl, C., Grimaldi, A., Eudaley, D., Stein, D., & Stout, P. (2022). Blind testing in firearms: Preliminary results from a blind quality control program. *Journal of Forensic Sciences*, 67(3), 964–974. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15031>
- 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>
- Piersanti, F. (2024). Los hallazgos biológicos y evidencias de tipo criminalístico del sitio del suceso. *UBAIUS*, (12), 28–35. <https://revistasuba.com/index.php/UBAIUS/article/view/307>
- Pogo, V., Procel, K., Razo, M., & Soto, J. (2024). Determinación de sustancias sujetas a control en cabello humano. *Anatomía Digital*, 7 (2.2), 39-53. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v7i2.2.3053>
- Pulgar, H., & Baculima, M. (2022). Toxicología aplicada a la medicina legal y forense. *Dominio De Las Ciencias*, 8(3), 1334–1363. <https://acortar.link/diJTUp>
- Quispe, S. (2025). Estrategias didácticas innovadoras para el desarrollo de competencias en la formación integral de profesionales forenses. *Revista Científica*, 12(1). <https://ojs.cepies.umsa.bo/RCV/article/view/210>
- Reigoto, A., Andrade, S., Seixas, M., Costa, M., & Mermelstein, C. (2021). A comparative study on the use of microscopy in pharmacology and cell biology research. *PloS one*, 16(1), e0245795. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245795>
- Salto, S., Demera, E., & Díaz, E. (2024). Evaluación de la escena del crimen en el sicariato en Ecuador: Crime scene evaluation in contract killings in Ecuador. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(6), 2171 – 2192. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i6.3151>
- Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2024, enero). *Informe preliminar de rendición de cuentas: Año fiscal 2023* (No. SNMLCF-DG-INF-009-2023). <https://acortar.link/F83RkB>
- Suman, M., Cavanna, D., Sammarco, G., Lambertini, F., & Loffi, C. (2021). Fighting food frauds exploiting chromatography–mass spectrometry technologies: Scenario comparison between solutions in scientific literature and real approaches in place in industrial facilities. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 142, 116305. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116305>
- Takajashi, F. (2019). *Medicina forense* (1ª ed.). Editorial El Manual Moderno. <https://acortar.link/Ri4TNo>

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

Contribución de autoría

Margoth Yolanda Alulema Defaz: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Christian Esteban Rengifo Dávila: Conceptualización, metodología, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.