

Recibido: 20/12/2025 Aceptado: 23/05/2026

Derroteros contemporáneos de la criminalística como ciencia de investigación del crimen (Revisión)

Contemporary paths of criminalistics as a science of crime investigation (Review)

Kristhel Maritza Maldonado Sosoranga. *Estudiante de Derecho de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.* [kmaldonad7@utmachala.edu.ec] [<https://orcid.org/0000-0003-3200-4172>]

Hilda Margarita González Villacis. *Estudiante de Derecho de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.* [hgonzalez3@utmachala.edu.ec] [<https://orcid.org/0000-0002-9197-5676>]

Armando Rogelio Durán Ocampo. *Magister en Ciencias Jurídicas. Coordinador de Titulación de la carrera de Derecho. Coordinador de la Maestría en Derecho, Mención Derecho Penal y Criminología. Profesor Titular de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.* [aduran@utmachala.edu.ec] [<http://orcid.org/0000-0002-9524-0538>]

Resumen

Partiendo de reconocer la complejidad de la labor del perito criminalista y su capacidad de ayudar al esclarecimiento de hechos con trascendencia penal, se ha considerado necesario reflexionar sobre la utilidad práctica de sus informes, el valor científico de estos y la amplitud de sus roles contemporáneos tanto en la identificación de personas u objetos como en el esclarecimiento general de la dinámica de los hechos delictivos. Por ello, este trabajo persigue como objetivo caracterizar el estado de desarrollo de la criminalística para establecer sus principales retos en el perfeccionamiento de los métodos y técnicas de investigación. Se empleó un enfoque cualitativo con los métodos de revisión documental y exégesis jurídica complementaria. Se pudo concluir que existen amplios avances en la identificación de personas a través del ADN, además de que el uso de bancos de huellas genéticas determina barreras jurídico-prácticas que deben ser superadas por la interpretación creativa de las normas vigentes. Asimismo, se determinó que las ramas de la química analítica, la criminalística nuclear y la auscultación geológica, a pesar de su aplicabilidad forense, avanzan a ritmos distintos y requieren esfuerzos interpretativos adicionales para los operadores jurídicos.

Palabras clave: criminalística; identificación de personas; bancos de perfiles genéticos; química analítica; criminalística nuclear; auscultación geológica



Abstract

Recognizing the complexity of the forensic expert's work and their capacity to assist in clarifying facts with criminal implications, it has been deemed necessary to reflect on the practical utility of their reports, their scientific value, and the breadth of their contemporary roles, both in the identification of persons or objects and in the general clarification of the dynamics of criminal acts. Therefore, this work aims to characterize the state of development of Criminalistics in order to establish its main challenges in improving investigative methods and techniques. A qualitative approach was employed, using the methods of documentary review and complementary legal exegesis. It was concluded that there has been significant progress in the identification of persons through DNA, and that the use of genetic fingerprint databases creates legal and practical barriers that must be overcome through the creative interpretation of current regulations. Furthermore, it was determined that the fields of analytical chemistry, nuclear criminalistics, and geological surveying, despite their forensic applicability, are advancing at different rates and require additional interpretive efforts from legal professionals.

Keywords: Criminalistics; identification of persons; genetic profile databases; analytical chemistry; nuclear criminalistics; geological surveying

Introducción

Durante mucho tiempo, la ciencia criminalística fue relegada a un plano subordinado o auxiliar de las ciencias penales; sin embargo, cada vez más ha ido ocupando su rol como ciencia aplicada encargada del análisis de evidencias de todo tipo que permite esclarecer interrogantes que, si bien son usualmente penales, se extienden a cualquier rama del Derecho. Así, se ha considerado con acierto que su objeto de estudio le confiere a la criminalística un carácter objetivador, de manera que no se espera únicamente que se alcance una determinada explicación sobre hechos investigados, sino que además sea posible analizar fenómenos con mayor profundidad empírica.

La identificación humana ha tenido una importancia crucial en la investigación penal, lo que es relevante entonces para la criminalística. Aunque los peritos se pueden valer de huellas dactilares, registros dentales u otros medios para la identificación, la genética se perfila como el método revelador por excelencia dada su confiabilidad y nivel de precisión científica, inclusive cuando no es posible obtener relaciones biológico-filiales por otros medios. Dentro de la



caracterización de la ciencia criminalística contemporánea, el alcance y utilización de estos procedimientos es una nota distintiva que merece ser analizada.

A pesar del vertiginoso desarrollo de la tecnología y su aplicación en la ciencia criminalística, las manifestaciones de esta última no necesariamente van a la par de la primera, pues la dinámica de los hechos con trascendencia jurídica impone retos y visibiliza limitaciones no solo en el proceso de descubrimiento y análisis, sino en el contexto de aplicación de las leyes y demás normas jurídicas. La labor del perito criminalista, aunque científica, difiere de un investigador común porque no se espera que teorice, sino que arribe a conclusiones empíricas demostrables por la ciencia y su experticia forense. A fin de abordar estos aspectos en una apretada síntesis, este trabajo se propone como objetivo caracterizar el estado de desarrollo actual de la criminalística para establecer sus principales retos en el perfeccionamiento de los métodos y técnicas de investigación del delito.

Para organizar adecuadamente el análisis, es necesario discernir primero las diferencias y puntos de contacto entre la investigación científica y la criminalística porque, si bien ambas formas son especialmente útiles en el descubrimiento de hechos, tienen particularidades que las distinguen para la aplicación jurídica de sus conclusiones; sobre todo, al ser los peritajes criminalísticos un tipo de prueba en un proceso, su validez y eficacia tendrán siempre condiciones específicas que deben elucidarse. Se analizarán otros cuatro aspectos: primero, la identificación de personas a través de muestras de ADN y las huellas genéticas en bancos de datos, como una manifestación científico-jurídica de interés creciente; posteriormente, se analizarán otros derroteros de la criminalística en la contemporaneidad como la química aplicada, el análisis nuclear y la auscultación geológica, con sus aplicaciones, perspectivas y retos futuros.

Metodológicamente, esta investigación tiene un enfoque cualitativo, por cuanto no se basa en datos estadísticos ni pretende establecer tendencias del pensamiento científico en un área determinada, sino que propone indagar sobre los rumbos actuales de la criminalística como ciencia de investigación del crimen a través de una revisión bibliográfica extensa, complementada por normas y jurisprudencia contextualizada en Ecuador. En ese sentido, las reflexiones no son meramente analíticas, sino también exegéticas en aquellos aspectos donde resulta clave establecer premisas o barreras de aplicación práctica.



Desarrollo

Diferencias entre la investigación científica y la investigación criminalística

La investigación científica y la investigación criminalística comparten puntos similares y otros no tanto, en especial a partir de sus modos de descubrimiento y validación. Para precisar dicho camino, es necesario recordar que hay tres operaciones básicas del método científico, tales como del concepto a la operacionalización para ir de mayor a menor nivel de generalidad, de la operacionalización a la medición como un modo de traducir las observaciones a una línea de resultados y de la medición a la construcción de teorías, lo que surge tras el análisis de los datos obtenidos y un proceso interpretativo lógico. Sin embargo, aunque la ciencia criminalística tiene un compromiso con la investigación de un caso, no es la que crea el conocimiento científico esencialmente, sino la que comunica cómo se aplica dicho conocimiento en un ámbito determinado.

La validez y confirmación de la investigación tiene igualmente, tres etapas: demostrar que existe concordancia entre el uso de los métodos empleados y el resultado que es el núcleo de la contribución científica; la evaluación de la pertinencia de la contribución teórico-práctica y, finalmente, la susceptibilidad de aplicación de lo obtenido para transformar o revolucionar el objeto de estudio de la investigación realizada (Flores et al., 2021). Las dos primeras etapas se corresponden con una validación interna, mientras la última es la validación externa que permite generalizar adecuadamente los resultados. Ahora bien, sentado esto, es oportuno recordar que el descubrimiento y la validación no son iguales en la investigación científica y la criminalística, porque en el primer caso el investigador es capaz de validar leyes que afectan al conocimiento en general, pero en el segundo, el criminalista solo descubre hechos aplicando esas leyes ya descubiertas.

En la investigación científica, la objetivación del proceso es indispensable. A través de los objetivos planteados es que se comunica una parte de la investigación: la trascendente para el receptor, mas no la totalidad de lo que fue investigado. Sin embargo, en la investigación criminalística, el documento generado es el informe pericial. A través de él no se comunica el conocimiento científico en sí, porque el perito criminalista se encarga de aplicar tal conocimiento, aunque tampoco la totalidad de sus acciones se reproducen en dicho documento, al igual que como sucede con el *paper*, sino todo lo que condujo a una conclusión determinada



(Flores et al., 2021). Es interesante notar en este instante que el informe pericial se encuentra en un espacio indirecto dentro de la plataforma de validación externa del conocimiento que en algún momento se generó a partir de la investigación científica.

La propia elaboración del artículo científico y el informe pericial tienen elementos en común que se pueden sistematizar de la siguiente forma: el investigador científico enuncia las motivaciones de su problema, lo identifica y señala los objetivos que se propone, mientras que el criminalista también posee una motivación que deriva de una indagatoria forense, aunque dirigida a verificar cuestiones puntuales predeterminadas; luego, ambos describen los antecedentes del objeto de su investigación – cada uno en su campo –, los materiales y métodos que llevaron a obtener determinados resultados que posteriormente analizan y presentan consolidadamente. Por último, las conclusiones del investigador científico son el *summun* del contraste entre sus objetivos y los hallazgos comprobados, que normalmente divergen de indagaciones análogas y son igualmente contrastadas una y otra vez por futuros investigadores, mientras que el perito criminalista presenta sus verdades categóricas tras aplicar postulados científicos previamente comprobados a objetos que están en su campo de acción.

Valor probatorio de los dictámenes periciales

Para que los resultados obtenidos a través una prueba científica realizada en el contexto criminalístico sean válidos en un caso, es indispensable que se sigan las pautas del debido proceso, en especial el respeto a las cadenas de custodia, la manipulación fidedigna de las muestras y la trazabilidad de los procedimientos seguidos para la obtención de las conclusiones expuestas en el informe pericial. Como señala Alfaro (2011, como se citó en Flores et al., 2021), el proceso de interpretación judicial de una prueba científica debe cumplir con determinados requisitos, en relación con la normativa vigente y los pronunciamientos jurisprudenciales referidos al tema que son relevantes.

La validez y el peso probatorio de un dictamen pericial dependen del cumplimiento de varios requisitos esenciales. El primero de ellos es la coherencia interna y razonabilidad del contenido del dictamen, que exige que las conclusiones del perito guarden una lógica sólida y no sean producto de la arbitrariedad. La importancia de este requisito se refleja en el hecho de que el Código Orgánico Integral Penal (2014) contempla como causal de revisión de una sentencia firme el haberse dictado en virtud de informes periciales maliciosos, lo que, según la



jurisprudencia de la Corte Nacional de Justicia, implica que las falencias pueden provenir de actuaciones dolosas de quienes realizan dichos informes (Sentencia No. 18241-2005-0041, Corte Nacional de Justicia del Ecuador, 2022).

Un segundo requisito fundamental es el seguimiento de parámetros científicos de calidad y el uso de resultados estadísticos, orientado a asegurar la fiabilidad técnica del dictamen. Este requisito encuentra su contraparte en la misma causal de revisión, pues la Corte Constitucional del Ecuador (2016) ha precisado que las falencias también pueden derivar de actividades técnicas realizadas, sin los requisitos necesarios para asegurar la fiabilidad de los datos, lo que configura un informe pericial errado. En el ámbito constitucional, este rigor metodológico se complementa con la exigencia de que el informe se elabore sobre la base de la documentación aportada por las partes, la que conste en el expediente y aquella información de carácter público (Sentencia No. 011-16-SIS-CC, Corte Constitucional del Ecuador, 2016).

De igual modo, el análisis pericial debe recaer sobre los hechos derivados de las muestras y su proceso de recolección, ya que una cadena de custodia no fidedigna destruye la credibilidad del peritaje; ante un error esencial de esta naturaleza, el Código Orgánico General de Procesos (2015) permite que se alegue y pruebe en la audiencia de juicio, pudiendo interrogarse al perito sobre el rigor técnico-científico de sus conclusiones. Por último, se erige como requisito indispensable el perfil profesional del perito, que comprende su experiencia, publicaciones, grado universitario y especializaciones.

La pertinencia de este último requisito se evidencia en casos donde la falta de especialización concreta ha obligado a un perito a excusarse de ejecutar una pericia, determinando la designación de otro profesional por parte del juzgador (Sentencia No. 197-20-EP/25, Corte Constitucional del Ecuador, 2025). Asimismo, la legislación procesal faculta a las partes para interrogar al perito en audiencia sobre su idoneidad, como un mecanismo de control de su competencia profesional.

La identificación de personas a través de muestras de ADN y las huellas genéticas en bancos de datos

La identificación de personas ha sido uno de los principales propósitos de la ciencia criminalística. La dactiloscopia se convirtió en el método predilecto desde finales de los años 80 del siglo XIX y aún perdura como tal (Leclerc, 2024). Sin embargo, a medida que las ciencias



médicas evolucionaron, las investigaciones biológicas criminalísticas lo hicieron también; en ese ámbito, aunque los exámenes de sangre ofrecían algún tipo de certeza, eran imprecisos ya que no aseguraban que una persona portadora de un grupo sanguíneo determinado fuese el autor de un crimen o la víctima de él. Fue entonces cuando un descubrimiento científico dio la luz en la identificación humana: en 1978 Arber, Nathans y Smith identificaron las denominadas enzimas de restricción, que tenían la capacidad de “cortar” en secuencias específicas el ADN, lo que permitió su manipulación y el estudio del genoma humano (Rodríguez et al., 2022).

En otro orden de ideas, Rodríguez et al. (2022) definen al ADN como un polinucleótido o macromolécula que se integra por “dos cadenas antiparalelas de unidades de desoxirribonucleótidos unidos covalentemente, dispuestos de una forma complementaria y adoptando una estructura enrollada de doble hélice dextrógira. Las bases que forman los nucleótidos son: adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T)” (p. 8). Posteriormente, en 1984 se descubrieron regiones dispersas en el genoma humano que eran susceptibles de replicación en fragmentos de ADN, pero que, a su vez, no se repetían en ninguna otra persona. Este hallazgo determinó que solo una pequeña parte del ADN es codificante y tiene una enorme variabilidad, que es lo que confiere valor a los efectos forenses de la identificación de personas (Flores et al., 2021).

De hecho, las personas comparten generalmente un 99,6% de ADN entre sí debido a que aproximadamente la diferencia es de un nucleótido cada 1300 entre los genomas de dos personas. Lo anterior conduce a que solo el 0,4% de ADN es diferente y sobre esa base es que se ejecuta el proceso de identificación pericial. Incluso, es necesario conocer que la existencia de ADN idéntico compartido no siempre indica que existe un antepasado común reciente, sino quizás un mismo origen ancestral. Tales criterios justifican que “[l]a prueba de ADN tiene una alta sensibilidad y poder de discriminación, de hecho, superior al 99.99%, lo cual permite obtener información de perfiles genéticos a partir de trazas de material biológico presente en los indicios de un hecho investigado” (Flores et al., 2021, p. 10).

Una muestra de ADN se puede obtener de determinados fluidos o partes corporales. Si bien esta amplia posibilidad colabora en la mayoría de los casos para identificar a una persona, existen determinados obstáculos que pueden disminuir la capacidad probatoria. El análisis de los fluidos y vestigios corporales en el ámbito forense presenta ventajas y desafíos específicos que



determinan su valor probatorio. En primer lugar, la sangre constituye una herramienta sólida para la identificación de personas y la determinación de filiación biológica, ya que los leucocitos poseen núcleos con ADN que garantizan la fiabilidad de las muestras (Velasco, 2024). Además la sangre ha sido utilizada para rastrear linajes genéticos u orígenes étnicos (Dreschnack, 2023).

Sin embargo, su principal obstáculo probatorio radica en que factores ambientales como el calor, la humedad o el tiempo transcurrido pueden degradar la muestra y generar perfiles genéticos incompletos o erróneos, a lo que se suma el riesgo de falsos positivos en la identificación debido a la similitud genética entre familiares cercanos (Barrera, 2025). En cuanto al semen, su utilidad práctica es notable, pues normalmente contiene ADN nuclear proveniente de los espermatozoides y de células epiteliales del tracto urogenital, lo que permite obtener perfiles genéticos completos incluso en mezclas biológicas; adicionalmente, su capacidad de permanecer en tejidos o superficies durante horas o días facilita su recolección (Vuichard et al., 2011).

Uno de los principales focos de atención de la ciencia criminalística contemporánea es la identificación de personas a través de muestras de ADN y el manejo y conservación de huellas genéticas en bancos de datos. El ADN puede obtenerse de varios fluidos o trazas corporales, como la sangre, el semen, la saliva o los cabellos, que son los que más frecuentemente se pueden encontrar en una escena del crimen; cada uno de estos presenta dificultades identificativas, pero una vez que se puede secuenciar el ADN, se trata de una prueba fidedigna y segura de identificación humana, siempre que se hayan seguido protocolos claros en su recolección, conservación y procesamiento para que no se contamine o adultere.

No obstante, cuando el semen se encuentra en una mezcla de varias muestras biológicas, se requiere el empleo de técnicas de separación para aislar el perfil del autor (Rana, 2025), y en casos de vasectomía o azoospermia, la ausencia de espermatozoides con ADN nuclear afecta gravemente su utilidad genética (Rotondo et al., 2021). Respecto a la saliva, esta ofrece un mecanismo de recolección sencillo y rápido que no requiere personal médico especializado, y si se conserva adecuadamente en tubos con estabilizadores, el ADN puede permanecer viable durante varios días o incluso meses (Leclerc, 2024). Los obstáculos probatorios esenciales de este fluido radican en que la saliva en sí misma no contiene ADN del portador, sino que este proviene de las células epiteliales que se descaman y quedan maculadas en otros soportes, lo que



exige una recolección adecuada o una cantidad específica (Rodríguez et al., 2022); además, al ser fácil de obtener, la muestra es impugnabile por falta de trazabilidad o por la sospecha de que pudo ser manipulada (Quinque et al., 2006).

De igual forma, los cabellos siguen siendo una matriz biológica relevante en el ámbito forense (Burgueño et al., 2024), pero su utilidad genética está condicionada por el hecho de que solo aquellos que conservan el folículo piloso contienen suficiente ADN nuclear para realizar análisis fiables directos; cuando esto no ocurre, del tallo capilar únicamente se puede obtener ADN mitocondrial, el cual resulta útil para establecer linajes maternos si el ADN nuclear se encuentra degradado (Peña et al., 2019). Actualmente, la secuenciación de nueva generación es una metodología que permite encadenar grandes cantidades de segmentos de ADN en un tiempo relativamente corto y con inferior costo base, para lo que se emplean en general cinco pasos, según explican Rubio et al. (2020):

- 1) segmentación del ADN en varios fragmentos, 2) marcaje del ADN por medio de *primers* o adaptadores que indican el punto de partida para la replicación, 3) amplificación de los fragmentos de ADN marcados con adaptadores por métodos basados en reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés), 4) secuenciación o lectura de los fragmentos de ADN y 5) reconstrucción de la secuencia completa por medio de secuencias de referencia y exportación a ficheros de almacenamiento de datos.
- (p. 3)

Dicha metodología, aunque es efectiva para generar y retroalimentar bases de datos de huellas genéticas, se encuentra en desarrollo todavía, ya que en el campo clínico propiamente ha tenido dificultades de implementación para garantizar certeza de diagnósticos de salud. Sin embargo, su utilidad criminalística es importante porque todas las secuencias genómicas obtenidas se pueden documentar adecuadamente y formar parte de perfiles genéticos de carácter identificativo. La recolección y archivo del ADN humano en bancos de perfiles genéticos es una solución efectiva para la lucha contra el crimen, pues facilita la identificación de personas potencialmente sospechosas, lo que a su vez tiene un efecto inhibitorio en los comisores (Dos Santos, 2021).

En la actualidad, los bancos genéticos computarizados son capaces de almacenar perfiles diversos, como los de las víctimas de un delito, los sospechosos, los familiares e, inclusive,



quienes colateralmente fueron parte del proceso comparativo de ADN. Esta alternativa también ayuda a la identificación de personas desaparecidas gracias a estudios de filiación (Rotondo et al., 2021). No obstante, al respecto se han formulado algunos cuestionamientos jurídicos, como por ejemplo: (a) si los bancos de perfiles genéticos pueden contener incluso datos de personas ya fallecidas, podrían afectar el derecho a la extinción de la responsabilidad penal por muerte del procesado o sentenciado; (b) la dificultad normativa para la recolección de materiales biológicos de menores de edad; o (c) la posibilidad de exclusión fundamentada de un perfil genético determinado (Arévalo et al., 2020).

Sobre la primera cuestión, los partidarios de que los perfiles genéticos se excluyan de las bases de datos cuando el titular de la información ha fallecido argumentan que con la muerte de la persona se extingue la acción, el procedimiento y hasta la sanción que se hubiese eventualmente impuesto. Esta idea no es descabellada en principio, porque puede respaldarse en el derecho a la protección de datos personales, según prevé el artículo 66, numeral 19 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) y es claro que la información genética forma parte de ella.

En efecto, la inclusión de perfiles genéticos tiene un marcado interés colectivo en la eficacia de la investigación penal, la identificación de patrones criminológicos y la resolución de casos pendientes. Este interés se correlaciona con el artículo 195 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) y forma parte de un esfuerzo integrado por garantizar la seguridad ciudadana, que también es deber del Estado, según el artículo 3, numeral 8, del mismo cuerpo legal. La salvaguardia frente a otros derechos de personas vivas como la presunción de inocencia es posible cuando se anonimiza frente al público el acceso a la base de perfiles genéticos y solo se permite con fines de investigación científica o criminalística. Es inimaginable que tales derechos se opongan por fallecidos o representantes de estos, pues ya la personalidad jurídica de aquellos cesó a causa de la muerte, razón por la cual no habría mayores obstáculos para mantener la información bajo reserva en las bases de datos.

La segunda cuestión plantea también dilemas interesantes. Por una parte, la estricta consideración de los derechos preferentes de los menores de edad frente a otras personas y al Estado en sí es un obstáculo importante para acceder a la toma de muestras biológicas; sin embargo, si el niño, la niña o el adolescente son víctimas de un delito o, por el contrario, se



encuentran procesados por una infracción, es contraproducente no obtener una muestra de ADN cuando es indispensable para determinar la responsabilidad del comisor o, en otro ámbito, la inocencia o culpabilidad del propio menor imputado. En delitos sexuales, de desaparición forzada o de trata de personas, un perfil genético puede ser esencial para esclarecer los hechos e, inclusive, proteger a otros menores (Rana, 2025). En este caso, para respetar el interés superior del niño, la recolección de la muestra de ADN debe ser relegada a los supuestos graves y con controles de acceso, trazabilidad y la posibilidad de que, de ser estos las víctimas, puedan destruirse tales muestras una vez cumplidos sus fines criminalísticos, dado que no habría justificación razonable para que permanezcan en el banco de datos.

El tercer problema jurídico, es decir, la posibilidad de exclusión fundamentada de un perfil genético determinado, puede evaluarse a partir de los mismos criterios vertidos en los párrafos precedentes. En síntesis, debe prevalecer el interés general en la conservación de las evidencias de ADN en los bancos de datos y combinarlo con una adecuada protección del interés superior del menor de edad; sin embargo, hay que considerar dos fundamentos que sí justifican la exclusión de una determinada evidencia del banco de datos, según consta en el artículo 76, numeral 4: (1) cuando se ha obtenido ilícitamente, ya que “las pruebas obtenidas o actuadas con violación de la Constitución o la ley no tendrán validez alguna y carecerán de eficacia probatoria” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 34). Por lo que no tiene sentido conservar una evidencia de esa naturaleza, o (2) si carece de relevancia debido al agotamiento de la finalidad por la cual se incluyó el perfil genético o no tiene utilidad para procesos judiciales, situación que garantizaría además el derecho al olvido.

En este ámbito hay que hacer unas precisiones adicionales. Los archivos de huellas genéticas se integran por numerosa cantidad de muestras físicas, además de las transcripciones digitales que se realicen sobre cada una, por lo cual es indispensable contar con mecanismos efectivos para su conservación. En lugar de congelar las muestras físicas, que es mucho más costoso, se recurre a la tecnología FTA (*Flinders Technology Associates*), un papel de filtro tratado químicamente para la conservación de las muestras a temperatura ambiente e inactivar patógenos peligrosos, además de tener un tamaño pequeño y una forma plana que facilita el empaque, envío y almacenamiento (Rana, 2025).

Química analítica



No solo la identificación de personas es relevante para la criminalística, sino también el trabajo con objetos o trazas materiales que se cotejan con diversos fines. En este ámbito juega un papel esencial la química analítica porque permite identificar y describir evidencias físicas a través del análisis de materiales como residuos de disparos, drogas, pintura, vidrio o tierra. Uno de los retos principales es la necesidad de emplear técnicas no destructivas o mínimamente destructivas, por cuanto ante muestras escasas o susceptibles de transformación es clave preservarlas para futuros exámenes que pueden solicitarse durante las investigaciones judiciales.

En el ámbito del análisis forense, se dispone de diversas técnicas instrumentales avanzadas que permiten caracterizar la composición elemental y molecular de las evidencias. La microscopía electrónica de barrido con energía dispersiva de rayos X utiliza un haz de electrones para escanear la superficie de la muestra, generando imágenes de alta resolución y amplia profundidad de campo, al mismo tiempo que indica su composición elemental a partir de las señales electrónicas recibidas. La espectroscopía de fluorescencia de rayos X se fundamenta en irradiar la muestra con rayos X para que los átomos absorban esa energía y emitan rayos secundarios fluorescentes, singulares para cada elemento químico, cuya intensidad permite determinar concentraciones relativas.

Por su parte, la espectroscopía UV-visible se apoya en la ley de Beer-Lambert y permite identificar compuestos orgánicos o inorgánicos con enlaces conjugados o grupos funcionales específicos, ya que la absorción de luz a ciertas longitudes de onda constituye una huella característica de la sustancia. La espectroscopía Raman se basa en la dispersión Raman, donde un haz láser incide sobre la muestra y las vibraciones moleculares de los fotones dispersados funcionan como una huella digital única; su combinación con la microscopía confocal da lugar a la microespectroscopía confocal Raman, la cual mejora la resolución tridimensional al restringir la detección a una profundidad determinada y amplía el análisis a compuestos muy heterogéneos. La espectroscopía infrarroja identifica sustancias mediante la absorción de radiaciones infrarrojas por parte de las moléculas que las componen (Saadat et al., 2022).

La difracción de rayos X hace incidir rayos X sobre una muestra sólida para que los átomos del cristal los desvíen según los ángulos de Bragg, y el patrón de intensidad resultante, comparado con bases de datos, revela la fase cristalina y la estructura interna del material. Finalmente, el análisis por activación neutrónica es una técnica de extrema sensibilidad que



somete la muestra a un haz de neutrones en un reactor nuclear controlado, transformando los elementos en isótopos radiactivos que emiten radiaciones gamma características, lo que permite identificarlos y calcular su concentración con gran precisión; aunque posee la mayor capacidad de detección multielemental y ha logrado sustituir a la espectrofotometría de absorción atómica, no distingue entre compuestos y exige medidas de seguridad adicionales por la radiactividad inducida.

Las técnicas descritas se emplean para: (1) la identificación de pinturas de un objeto u otro, lo que ocurre, por ejemplo, cuando existe colisión entre vehículos; (2) el descubrimiento de restos de metales anfóteros (plomo, bario o antimonio) en manos, prendas de vestir o superficies próximas a un arma de fuego disparada; (3) la revelación de documentos por análisis de pigmentos y papeles empleados en posibles falsificaciones; (4) la determinación del origen o localización de muestras de suelo, polvo u otros metales (Saadat et al., 2022).

Criminalística nuclear

El análisis por activación neutrónica se introduce en el campo de la criminalística nuclear que, en un primer momento, permitió complementar los análisis químico-forenses; sin embargo, tras detectarse que la exposición a materiales radiactivos podía transformar sustancialmente los lugares y las personas, se ha establecido la duda científica sobre hasta qué punto se degradan las huellas biológicas contenidas en el ADN o, inclusive, las huellas dactilares cuando la escena del crimen o del objetivo de la investigación criminalística se encuentra contaminada por materiales nucleares. La contaminación radiactiva, además, es un reto para la inspección del lugar del hecho, la recolección y la conservación de las evidencias (Saadat et al., 2022).

Por otra parte, Serrano (2019), a partir de un exhaustivo análisis de la evidencia científica recopilada, ha establecido que existen límites de dosis absorbidas donde las muestras de ADN o huellas digitales pierden su capacidad probatoria porque se desnaturalizan. Asimismo, consolidó la preponderancia criminalística del ADN, en tanto la radiación nuclear sobre las muestras no suele generar falsas exclusiones, siempre que se cuente con un mínimo de 9 marcadores más la amelogenina. Por otro lado, las huellas dactilares son más susceptibles de desnaturalizarse cuando están impregnadas en papel de 100 g, reciclado, metal y plástico, mientras que en el vidrio se conservan mucho mejor. No obstante, este estudio no abarca todo el nivel de detalle



posible y deja brechas abiertas que determinan la necesidad de evaluar cada caso en su singularidad, donde la experticia y argumentos del perito criminalista serán esenciales.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (2006, citado por Serrano, 2019) estableció que existen tres aspectos claves en la gestión de una escena del crimen donde intervino material radiológico, a saber: “a. minimizar los riesgos radiológicos asociados al lugar del incidente; b. control del material nuclear o radiológico; c. preservación de las evidencias asociadas al acto delictivo” (p. 18). Aunque el Código Orgánico Integral Penal (2014) no establece un protocolo específico de actuación frente a este tipo de actos delictivos, se debe considerar la preservación del lugar del hecho a través de las pautas anteriores. Por su parte la fiscalía, que es el órgano responsable del reconocimiento *in situ*, deberá cuidar la recolección de evidencias y la seguridad de las personas que intervienen en el procedimiento.

Auscultación geológica

Otro de los campos novedosos de la criminalística aparece en la denominada “auscultación geológica” que, si bien es un conjunto de técnicas más comunes en la ingeniería civil y la geotecnia, ha cobrado relevancia en aquella. En general, las técnicas mencionadas abarcan el monitoreo, registro y análisis del comportamiento de las estructuras geológicas (suelos, rocas) o geotécnicas (taludes, túneles u obras subterráneas). Miden deformaciones, desplazamientos, vibraciones e, inclusive, cambios de presión, humedad o temperatura en los medios geológicos, para lo cual se utilizan múltiples herramientas especializadas (Cerde, 2022; Rana, 2025).

En el ámbito de la criminalística, la auscultación geológica puede ser útil en determinados escenarios, por ejemplo: (a) investigación sobre cadáveres enterrados de personas desaparecidas, lo que es frecuente en crímenes relacionados con el tráfico de drogas, de armas o de personas, para lo cual se complementa con técnicas como la magnetometría; (b) detección de intervenciones humanas encubiertas en estructuras geotécnicas como taludes, presas o túneles (Cerde, 2022), lo que es muy útil cuando se sospecha sabotaje; o (c) análisis de escenas donde se produjeron explosiones o colapsos de estructuras naturales o arquitectónicas, pues posibilita determinar si fue un hecho natural o antrópico, además de evaluar zonas de riesgo para otras investigaciones criminales.



A pesar de las expectativas, existen ciertas limitaciones prácticas del uso de técnicas de auscultación geológica en el contexto forense. En algunos casos, por ejemplo, la eficacia de los sensores se afecta por la falta de homogeneidad del terreno, la presencia de agua u otras sustancias interferentes, la modificación arquitectónica del área o la contaminación existente, todo lo que determina una mayor complejidad en la interpretación de los hallazgos (Cerde, 2022). La auscultación está diseñada mejor para el monitoreo en tiempo real, por lo que su aplicación en situaciones donde el evento ya ocurrió genera inexactitud de los datos obtenidos, salvo que se cuente con instrumentación o documentación previa (Cerde, 2022). Además de requerir una interpretación multidisciplinaria compleja de geólogos, ingenieros y criminalistas, no está reconocida expresamente como técnica forense en Ecuador, por lo que su validez en sede judicial es controversial.

La investigación científica y la criminalística tienen elementos de convergencia como: los similares cursos de acción de sus diferentes estrategias de descubrimiento y la validación de resultados, la precisión comunicativa de sus documentos de salida, la lógica del discurso, la plena identificación de los actores involucrados en los procesos y la exposición de los resultados sustentados en la evidencia. No obstante, difieren en cuanto a que la primera es capaz de descubrir leyes y hechos, mientras que la segunda solo descubre hechos; asimismo, mientras el artículo científico concreta el conocimiento científico, el informe pericial lo hace en cuanto a la intervención profesional que aplica el conocimiento previo. El artículo científico deviene una especie medida del rendimiento profesional, pero el informe pericial no tiene esa condición; un artículo científico resuelve hipótesis deductivas, pero el perito criminalista no lo puede hacer por la naturaleza de su intervención dentro del proceso judicial.

Los dictámenes periciales deben reunir determinados requisitos formales y técnicos para que su validez judicial sea adecuada, como son: la coherencia interna entre sus premisas, la sustentabilidad del contenido, la científicidad de los métodos, técnicas y herramientas de interpretación de datos y, además, la experticia demostrada del perito. La falta de cualquiera de estos requisitos puede dar lugar a su exclusión como prueba o a una valoración deficiente del juzgador. Aunque no hay una abundante jurisprudencia en Ecuador sobre el tema en sí, existen procesos donde el cuestionamiento y la valoración de la prueba pericial han tenido correlación con dichos requisitos en mayor o menor medida.



En cuanto al uso de bancos de huellas genéticas, a pesar de su comprobable utilidad práctica, se han planteado dilemas jurídicos, entre los que se encuentran la determinación sobre si estos pueden contener incluso datos de personas ya fallecidas o de menores de edad, o si es excluible de manera fundamentada un perfil de dicho archivo. En general, hay un marcado interés público o social en el funcionamiento de los bancos de perfiles genéticos, cuestión que resulta oponible al interés particular; bajo esta premisa, la muerte de una persona no debería ser en sí un obstáculo suficiente para limitar la conservación de una muestra de su ADN.

Conclusiones

A pesar del desarrollo alcanzado hasta el momento, otras ramas de la criminalística avanzan con pasos más o menos firmes. Así, la química analítica permite el análisis de residuos de disparos, drogas, pintura, vidrio, tierra, u otras sustancias, pero ante la posibilidad de que las muestras que se obtengan en el lugar de los hechos sean escasas, se busca cada vez más utilizar técnicas no destructivas. Dichas técnicas reemplazan a las tradicionales basadas en la reactividad química pura y tienen aplicaciones diversas para identificar trazas de disparos, huellas de pinturas o falsificaciones documentales distintas a las caligráficas, por ejemplo. En particular, el análisis por activación neutrónica ha permitido detectar múltiples elementos en una muestra, aunque es limitada su capacidad de distinguir entre compuestos y requiere de medidas de seguridad para el control de la radiactividad.

Otros dos campos de estudio de la disciplina que tienen retos pendientes son: la criminalística nuclear y la auscultación geológica. La primera aún tiene que solventar la duda científica sobre si la radiactividad puede alterar las muestras de ADN o las huellas dactilares obtenidas del lugar de un hecho determinado, generalmente asociado a actos de terrorismo, además de los riesgos que supone para el perito criminalista trabajar en áreas expuestas a radiaciones. En cuanto a la segunda, que resulta especialmente útil para potenciales delitos relacionados con desapariciones forzadas de personas, sabotajes o actos terroristas donde han existido daños graves en estructuras naturales o artificiales, presenta todavía limitaciones por la complejidad de las técnicas e instrumentos empleados. En ambos casos, ninguna tiene un reconocimiento específico en la normativa penal ecuatoriana, lo que puede suponer dudas de interpretación o valoración de dichas pruebas periciales.



Referencias bibliográficas

- Arévalo, V. D., Castro, J. D., Cepeda, J. S., Espinosa, L., Patiño, S. D., & Patiño, M. C. (2020). Banco de perfiles genéticos en Colombia: una mirada a su eventual implementación e incidencia en las garantías de los sujetos pasivos del proceso penal. *Investigaciones en Construcción*, (30), 139-168.
https://derecho.bogota.unal.edu.co/fileadmin/publicaciones/Semilleros/LibrosSemilleros/2019/Semillero_2019-5.pdf
- Asamblea Nacional de la República de Ecuador. (2008, 20 de octubre). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial 449 https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Asamblea Nacional de la República de Ecuador. (2014, 10 de febrero). *Código Orgánico Integral Penal*. Registro Oficial Suplemento 180. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/abr16_CODIGO-ORGANICO-INTEGRAL-PENAL-COIP.pdf
- Asamblea Nacional de la República de Ecuador. (2015, 22 de mayo). *Código Orgánico General de Procesos*. Registro Oficial Suplemento 506.
<https://www.ces.gob.ec/lotaip/2021/Abril/a2/C%C3%B3digo%20Org%C3%A1nico%20General%20de%20Procesos,%20COGEP.pdf>
- Burgueño, M. J., Sánchez, S., Castro, M. Á., & Mateos-Campos, R. (2024). Drogas y consumo de alto riesgo: patrón epidemiológico a partir de análisis de cabello en el contexto forense. *Revista Española de Salud Pública*, 93(26), 1-16.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272019000100106&lng=es&tlng=en
- Cerda, V. I. (2022). *Propuesta de monitoreo geotécnico avanzado para depósitos de relaves* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/188813/Propuesta-de-monitoreo-geotecnico-avanzado-para-depositos-de-relaves.pdf?sequence=1>



- Corte Constitucional del Ecuador. (2016, 22 de marzo). Sentencia No. 011-16-SIS-CC, Caso 0024-10-IS. <https://es.scribd.com/document/590371254/CASO-N-0024-10-IS-DE-LA-SENTENCIA-No-011-16-SIS-CC>
- Corte Nacional de Justicia del Ecuador. (2022, 5 de enero). Sentencia No. 18241-2005-0041 (Sala Especializada de lo Penal, Penal Militar, Penal Policial, Tránsito, Corrupción y Crimen Organizado de la Corte Nacional de Justicia). <https://www.cortenacional.gob.ec/cnj/index.php/resoluciones-a/precedentes-jurisprudenciales>
- Corte Constitucional del Ecuador. (2025, 15 de mayo). Sentencia No. 197-20-EP/25, Caso 197-20-EP. https://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/e2NhcNBlDGE6J3B1YmxpY2FjaW9uJywgdXVpZDonNDUwMjdmMTEtNjVmYi00ZmM5LWI5ODgtYThmZGM0M2NiZTBkLnBkZid9
- Barrera, D. (2025). Implicaciones técnico-jurídicas de la genética forense en la investigación criminal contemporánea. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 17(2). <https://doi.org/10.22335/rlct.v17i2.2119>
- Dos Santos, R. A. (2021). La contribución del "ADN" para la formación de pruebas periciales en Brasil y Uruguay. *Revista Brasileira de ciências policiais*, 12(4), 295-322. DOI: 10.31412/rbcp.v12i4.714. <https://periodicos.pf.gov.br/index.php/RBCP/article/view/714>
- Dreschnack, P. A. (2023). *An Analysis of the DNA and Hematological Findings of the Shroud of Turin and the Sudarium of Oviedo*. Harvard Library. <https://dash.harvard.edu/entities/publication/9b431216-35c4-4225-bb42-5b4178b75918>
- Flores, R., Paredes, B. J., & Asmat, C. D. (2021). Pericia genética: valoración y fiabilidad de la prueba de ADN en Criminalística y en el proceso penal. *Derecho & Sociedad*, (57), 1-19. doi:10.18800/dys.202102.006
- Leclerc, L. (2024). *How does DNA testing work?*. evergreen life: <https://www.evergreen-life.co.uk/health-wellbeing-library/how-does-dna-testing-work/>
- Peña, M. E., Cepeda, M. A., Cáceres, V. P., & Sánchez, F. R. (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>
- Quinque, D., Kittler, R., Kayser, M., Stoneking, M., & Nasidze, I. (2006). Evaluación de la saliva como fuente de ADN humano para estudios poblacionales y de asociación. *Bioquímica analítica*, 353(2), 272-277. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2006.03.021>
- Rana, A. K. (2025). Challenging biological samples and strategies for DNA extraction. *Journal of Investigative Medicine*, 73(6), 443-459. <https://doi.org/10.1177/10815589251327503>
- Rodríguez, R. R., Pérez, E., Loy, B., & Díaz, N. (2022). La genética forense como herramienta de investigación policial. *Revista Mexicana de Medicina Forense*, 8(2), 105-120.
<https://revmedforense.uv.mx/index.php/RevINMEFO/article/view/3022>
- Rotondo, J. C., Lanzilloti, C., Mazziotta, C., Tognon, M., & Martini, F. (2021). Epigenetics of Male Infertility: The Role of DNA Methylation. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9(689624), 1-18. <https://www.frontiersin.org/journals/cell-and-developmental-biology/articles/10.3389/fcell.2021.689624/full>
- Rubio, S., Pacheco Orozco, R. A., Milena Gómez, A., Perdomo, S., & García Robles, R. (2020). Secuenciación de nueva generación (NGS) de ADN: presente y futuro en la práctica clínica. *Universitas Medica*, 61(2), 1-16.
<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnimedica/article/view/27461/24137>
- Saadat, S., Pandaya, H., Dey, A., & Rawtani, D. (2022). Food forensics: Techniques for authenticity determination of food products. *Forensic Science International*, 333. doi:10.1016/j.forsciint.2022.111243
- Serrano, J. (2019). *Desarrollo de las técnicas forenses nucleares: valoración de riesgos* [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid].
<https://hdl.handle.net/20.500.14352/17341>
- Velasco, D. (2024). *El ADN como prueba pericial y su importancia en la resolución de casos delictivos* [Tesis de pregrado, Universidad Miguel Hernández].
<https://dspace.umh.es/bitstream/11000/33601/1/TFG.pdf>
- Vuichard, S., Borer, U., Bottinelli, M., Cossu, C., Malik, N., Meier, V., Gehrig, C., Sulzer, A., Morerod, M.L., & Castella, V. (2011). Differential DNA extraction of challenging



simulated sexual-assault samples: a Swiss collaborative study. *Investigative Genetics*, 2(11). Doi:10.1186/2041-2223-2-11

