

APLICACIÓN DE TÉCNICAS SEROLÓGICAS EN LA IDENTIFICACIÓN DE VÍCTIMAS Y SOSPECHOSOS EN ESCENAS DEL CRIMEN

APPLICATION OF SEROLOGICAL TECHNIQUES IN THE IDENTIFICATION OF VICTIMS AND SUSPECTS AT CRIME

Alexis Alejandro Cáceres Lobato¹, Wilson Edwin Moncayo Molina²

{alexisalejandrocaceres@gmail.com¹, wmoncayo@unach.edu.ec²}

Fecha de recepción: 21/05/2025 / Fecha de aceptación: 06/06/2025 / Fecha de publicación: 15/06/2025

RESUMEN: En el contexto penal ecuatoriano, la correcta identificación de víctimas y sospechosos representa un desafío constante, particularmente en los delitos flagrantes donde la recolección de pruebas debe realizarse bajo condiciones de inmediatez y presión procesal. Entre las herramientas forenses disponibles, las técnicas serológicas han demostrado ser altamente efectivas para la detección, clasificación e individualización de rastros biológicos, siempre que se apliquen bajo condiciones óptimas de preservación, manipulación y análisis. No obstante, su aplicación en el Ecuador enfrenta limitaciones estructurales, técnicas y normativas que comprometen su validez probatoria. El objetivo de esta investigación fue analizar la aplicabilidad, confiabilidad e impacto jurídico de las técnicas serológicas en el tratamiento de evidencia biológica en casos de flagrancia. Para ello, se adoptó un enfoque cualitativo que combinó una revisión bibliográfica sistemática con entrevistas en profundidad a peritos forenses activos. Los hallazgos revelan una débil cadena de custodia, escasa capacitación técnica, carencia de protocolos operativos estandarizados y limitaciones tecnológicas en los laboratorios de criminalística, especialmente fuera de las zonas urbanas. La triangulación de fuentes permitió identificar siete dimensiones críticas que condicionan la eficacia de la serología forense en el país, destacando la urgencia de reformas institucionales y normativas. Se propone la adopción de estándares internacionales como ISO/IEC 17025, el fortalecimiento de la infraestructura forense y la capacitación continua de los actores judiciales. La consolidación de una justicia basada en evidencia científica exige un enfoque integral que articule ciencia, derecho y política criminal, garantizando así el respeto al debido proceso y la legitimidad de las decisiones judiciales.

Palabras clave: *Serología forense, cadena de custodia, evidencia biológica, delito flagrante, sistema penal ecuatoriano*

ABSTRACT: In the Ecuadorian criminal context, the accurate identification of victims and suspects remains a constant challenge, particularly in flagrant offenses where the collection of evidence must be carried out under conditions of urgency and procedural pressure. Among the available forensic tools, serological techniques have proven to be highly effective for detecting, classifying, and individualizing biological traces, provided they are applied under optimal conditions of preservation, handling, and analysis. However, their implementation in Ecuador faces structural, technical, and regulatory limitations that

¹Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba 060110, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-8592-9717>.

²Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba 060110, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-2584-1861>.



compromise their evidentiary validity. This study aimed to analyze the applicability, reliability, and legal impact of serological techniques in the handling of biological evidence in cases of flagrancy. A qualitative approach was adopted, combining a systematic bibliographic review with in-depth interviews conducted with active forensic experts. The findings reveal a weak chain of custody, lack of technical training, absence of standardized operational protocols, and technological limitations in forensic laboratories, particularly outside urban areas. The triangulation of empirical and theoretical sources identified seven critical dimensions affecting the effectiveness of forensic serology in Ecuador, highlighting the urgent need for institutional and regulatory reforms. The study proposes the adoption of international standards such as ISO/IEC 17025, strengthening of forensic infrastructure, and ongoing professional training for judicial actors. The consolidation of justice based on scientific evidence requires an integrated approach that links science, law, and criminal policy, thereby ensuring due process and legitimacy in judicial decisions.

Keywords: *Forensic serology, chain of custody, biological evidence, in flagrante delicto, Ecuadorian penal system*

INTRODUCCIÓN

La cadena de custodia representa un componente esencial del proceso penal contemporáneo, ya que permite garantizar la integridad, trazabilidad y legitimidad de los elementos probatorios recolectados durante la investigación criminal. Su adecuado cumplimiento asegura que las evidencias, particularmente las de carácter biológico, mantengan su valor jurídico y científico desde el momento de su descubrimiento en la escena del crimen hasta su presentación en juicio (1). En el caso de los delitos flagrantes, donde la celeridad del procedimiento es una exigencia procesal, la correcta aplicación de la cadena de custodia adquiere una relevancia crítica, dado que cualquier falla en su manejo puede invalidar los resultados periciales y comprometer seriamente el principio de legalidad.

Diversos estudios han demostrado que las limitaciones institucionales como la escasez de recursos, la deficiente formación técnica del personal actuante, y la carencia de protocolos normalizados constituyen obstáculos persistentes en el cumplimiento riguroso de esta cadena en el contexto latinoamericano (2, 3). En muchas ocasiones, la evidencia recogida en la escena del crimen es manipulada por personal sin formación forense especializada o trasladada sin la debida documentación, lo cual abre la posibilidad de cuestionamientos legales respecto a su autenticidad. Estas deficiencias estructurales comprometen no solo la admisibilidad de la prueba, sino también la legitimidad del veredicto, lo que puede traducirse en impunidad o en condenas injustas (4, 5).

En el Ecuador, el Código Orgánico Integral Penal (COIP) establece directrices normativas claras para el manejo y conservación de evidencias, enfatizando la necesidad de procedimientos expeditos que no comprometan los derechos fundamentales de las partes procesales (6). No obstante, la brecha existente entre el marco legal y su aplicación práctica sigue siendo significativa. Especialmente en casos de flagrancia, la presión por emitir medidas cautelares rápidas, combinada con la falta de acceso a tecnología forense moderna, limita la capacidad del sistema judicial para manejar evidencia de forma técnica y confiable (7). Estas debilidades se traducen en una pérdida de valor científico de las pruebas recogidas y, por tanto, en una disminución de la calidad del servicio judicial.

En el plano internacional, países como Estados Unidos, Reino Unido, Alemania y Japón han incorporado tecnologías de punta en la trazabilidad digital de evidencias, incluyendo sistemas de escaneo biométrico, almacenamiento en blockchain y software de gestión probatoria en tiempo real (8, 9). Estas herramientas permiten preservar la cadena de custodia de manera automatizada, garantizando la transparencia del proceso y disminuyendo drásticamente los errores humanos. Por el contrario, en América Latina, y particularmente en Ecuador, persiste un enfoque manual, vulnerable a la manipulación, el extravío o la falsificación de elementos probatorios. Además, la ausencia de cuerpos especializados en serología forense, sumada a la escasez de laboratorios acreditados, limita la capacidad del sistema judicial para incorporar pruebas biológicas con el rigor metodológico requerido.

En este escenario, las técnicas serológicas emergen como herramientas fundamentales para el esclarecimiento de hechos delictivos, especialmente aquellos que involucran agresiones físicas, sexuales o homicidios. La serología forense permite identificar a personas mediante el análisis de sangre, semen, saliva y otros fluidos corporales, determinando características como el grupo sanguíneo, la presencia de antígenos específicos, o el perfil genético a través de ADN (10, 11). Técnicas como la absorción-elusión para la tipificación ABO, los ensayos inmunocromatográficos, y la amplificación por PCR para la elaboración de perfiles genéticos, han probado ser altamente eficaces en la identificación de individuos vinculados a una escena del crimen, incluso cuando las muestras biológicas son escasas o están degradadas (9).

La combinación de análisis serológicos con métodos complementarios como la odontología forense, el análisis de patrones de manchas de sangre, o la biocomputación para establecer características fenotípicas del sospechoso ha ampliado el espectro de herramientas científicas disponibles para la criminalística (12, 13). No obstante, la efectividad de estas técnicas depende directamente del rigor con que se aplique la cadena de custodia. Un perfil genético correctamente obtenido puede carecer de valor judicial si no se puede demostrar que la muestra fue adecuadamente preservada desde su recolección hasta su análisis en laboratorio.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo analizar la aplicabilidad y eficacia de las técnicas serológicas en el proceso penal ecuatoriano, con énfasis en los desafíos operativos y normativos que enfrentan las instituciones en los delitos flagrantes. A través de una metodología cualitativa que incluye revisión bibliográfica sistemática, entrevistas a peritos forenses y el análisis de un caso paradigmático, se busca generar una reflexión crítica sobre el uso de estas herramientas científicas, y proponer recomendaciones que contribuyan a su implementación efectiva en la administración de justicia, con pleno respeto a los principios de legalidad, celeridad y debido proceso.

Métodos de agrupamiento sanguíneo y absorción-elusión

Uno de los procedimientos serológicos más empleados en el análisis forense de evidencia biológica es la determinación del grupo sanguíneo a partir de manchas hemáticas presentes en la escena del crimen. Entre las técnicas más consolidadas para este fin se encuentra la absorción-elusión, la cual permite identificar el sistema ABO incluso en muestras de sangre secas y depositadas sobre tejidos no biológicos (11). Este método se fundamenta en la

capacidad de los antígenos eritrocitarios para adherirse a materiales porosos, y en la posterior recuperación de estos mediante el proceso de elusión para su tipificación.

La técnica consiste en dos fases esenciales: primero, se realiza la absorción de anticuerpos específicos sobre la muestra de tejido sospechoso; posteriormente, a través de la elusión térmica, se recuperan los anticuerpos fijados para evaluar su reactividad con eritrocitos conocidos, determinando así la presencia de antígenos A o B (14). Esta técnica ha demostrado ser particularmente útil cuando se analizan prendas de vestir u otros materiales contaminados con sangre en escenarios donde los métodos moleculares aún no están disponibles o son económicamente inviables.

Sin embargo, su aplicabilidad puede verse afectada por diversos factores técnicos. La degradación de la muestra debido al tiempo transcurrido desde la agresión, las condiciones ambientales (temperatura, humedad) y el tipo de superficie textil utilizada, pueden interferir en la sensibilidad y especificidad del análisis (15,9). Además, estudios recientes advierten sobre la posibilidad de falsos negativos cuando las concentraciones de antígenos son mínimas o cuando las condiciones de almacenamiento no han sido óptimas (8).

A pesar de sus limitaciones, el método de absorción-elusión continúa siendo una técnica valiosa en la criminalística, especialmente en contextos con recursos restringidos o como herramienta complementaria a la tipificación genética. Su aplicación permite vincular elementos físicos (como ropa, sábanas o armas blancas) con posibles donantes de sangre, fortaleciendo la hipótesis investigativa sobre la participación o presencia de determinadas personas en la escena del crimen. Cuando se emplea bajo protocolos estandarizados y en conjunto con otras pruebas periciales, esta técnica puede ofrecer indicios relevantes que orienten la reconstrucción del evento delictivo y respalden la construcción del expediente fiscal.

Elaboración de perfiles de ADN

La elaboración de perfiles de ADN constituye una de las técnicas más revolucionarias y confiables dentro de la ciencia forense moderna. A través de esta metodología es posible identificar de forma precisa a personas vinculadas a una escena del crimen, incluso a partir de cantidades mínimas de material biológico, como sangre, semen, saliva, raíces capilares o tejidos epiteliales (10,4). Esta capacidad ha transformado la manera en que se investiga y prueba la participación de sospechosos en hechos delictivos, convirtiéndose en una herramienta fundamental en el esclarecimiento de delitos complejos, particularmente los de tipo sexual o violento.

El procedimiento se basa en el análisis de secuencias específicas del ADN, conocidas como Short Tandem Repeats (STRs), las cuales presentan una variabilidad significativa entre individuos, lo que permite establecer coincidencias genéticas únicas con una alta certeza estadística. Estas regiones son amplificadas mediante técnicas como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y luego separadas por electroforesis capilar para su interpretación comparativa (16). Cuando las muestras recolectadas en la escena del crimen coinciden con el perfil de un individuo determinado, se obtiene una evidencia objetiva de su presencia en dicho lugar.

Este método ha demostrado su eficacia incluso en contextos donde las muestras están degradadas o contaminadas, como en casos de incendios, cuerpos en descomposición o evidencias manipuladas. En particular, el análisis de ADN supera las limitaciones de las técnicas clásicas de tipificación sanguínea, que resultan insuficientes cuando el volumen de la muestra es escaso o se ha alterado con el tiempo (9).

Sin embargo, para que el perfil genético obtenido tenga validez jurídica, es indispensable que la cadena de custodia se cumpla rigurosamente en cada etapa del proceso: recolección, embalaje, transporte, almacenamiento y análisis. La más mínima alteración, omisión o manipulación indebida puede generar dudas razonables sobre la autenticidad de la evidencia y comprometer su valor probatorio ante un tribunal. Este aspecto cobra especial importancia en los casos de delitos flagrantes, donde los tiempos procesales son acelerados y el manejo de evidencia puede estar a cargo de personal no especializado (2).

En el caso ecuatoriano, persisten limitaciones estructurales que dificultan el aprovechamiento óptimo del análisis de ADN como herramienta de justicia. Entre ellas, destacan la escasa disponibilidad de laboratorios forenses acreditados, la falta de un sistema nacional de bases genéticas, y las deficiencias en la formación técnica de los funcionarios encargados de preservar las evidencias (7). Esto hace indispensable el fortalecimiento institucional, tanto en recursos como en normativas, para garantizar que la prueba genética cumpla su función sin vulnerar los derechos fundamentales de las partes procesales.

Odontología forense y análisis de patrones de manchas de sangre

La odontología forense se ha consolidado como una disciplina clave dentro de las ciencias forenses, especialmente en contextos donde los métodos tradicionales de identificación como la dactiloscopia o el análisis de ADN no son viables debido al estado avanzado de descomposición, carbonización o fragmentación del cuerpo. Esta técnica permite establecer la identidad de un individuo mediante el estudio comparativo de estructuras dentales, radiografías, prótesis, registros clínicos y, en algunos casos, marcas de mordeduras presentes en tejidos blandos (17, 18).

En escenas del crimen donde se observan mordeduras humanas, estas pueden constituir evidencia crucial para vincular directamente a la víctima con el agresor. El análisis forense de estas marcas incluye la evaluación de su morfología, profundidad, patrón de arcadas dentales, y relación con el contexto del delito, lo cual permite inferencias sobre la posición, violencia y posible intencionalidad del acto (19). No obstante, su validez científica ha sido objeto de debate, por lo que la correcta preservación de los tejidos y la documentación fotográfica con escalas es esencial para sostener su valor probatorio. En delitos flagrantes, donde el tiempo para levantar indicios es limitado, una cadena de custodia sólida garantiza que estas evidencias no pierdan legitimidad durante el juicio.

Por otro lado, el análisis de patrones de manchas de sangre conocido como Bloodstain Pattern Analysis (BPA) representa una técnica altamente especializada que permite reconstruir parcialmente los eventos que ocurrieron durante la comisión de un delito. Mediante el estudio de la forma, tamaño, dirección, dispersión y distribución de las manchas hemáticas, los peritos pueden determinar aspectos clave como el tipo de impacto generado, la ubicación de la víctima y el agresor, el número de golpes, el ángulo de caída de la sangre



y si la víctima estaba en movimiento al momento del ataque (20, 13).

Este análisis resulta particularmente útil en casos de homicidios violentos, accidentes o escenarios con múltiples víctimas, donde la disposición espacial de la sangre puede revelar elementos que no son perceptibles a simple vista. Por ejemplo, la existencia de manchas por goteo pasivo, salpicadura, transferencia o flujo arterial ofrece indicios sobre la posición de los cuerpos, la secuencia de los eventos y la posible manipulación de la escena posterior al delito (21).

Técnicas serológicas avanzadas

Los avances recientes en la serología forense han permitido el desarrollo de técnicas más sensibles, específicas y adaptables a escenarios criminales complejos, especialmente en delitos de violencia sexual, homicidios y agresiones múltiples. Entre los avances más significativos se encuentran los ensayos inmunocromatográficos de flujo lateral, los cuales permiten diferenciar con alta precisión entre sangre periférica y sangre menstrual, una distinción de relevancia crítica en casos donde se debe establecer si existió o no un contacto sexual con sangrado activo (22).

Estos ensayos, basados en la detección de proteínas específicas como la hemoglobina fetal o marcadores uterinos (como la proteína D-dímero), ofrecen una alternativa rápida y portátil para uso en campo o en laboratorios sin equipos de alta complejidad. Su implementación aporta a la validez contextual de las evidencias biológicas, ya que permite no solo identificar la naturaleza del fluido, sino también deducir aspectos relacionados con el consentimiento, la cronología del hecho y la posible simulación del delito.

Además, la integración de métodos serológicos con técnicas de análisis balístico y genético ha ampliado sustancialmente la capacidad de reconstrucción de escenas del crimen. Por ejemplo, el análisis de residuos biológicos en proyectiles y armas cortopunzantes permite identificar rastros de fluidos (sangre, saliva o tejido) transferidos al momento del impacto, los cuales, al ser combinados con pruebas de ADN, pueden confirmar la participación directa del sospechoso en el uso del arma (23, 24).

Otro avance notable es la incorporación de pruebas multiplexadas, que permiten detectar simultáneamente múltiples tipos de fluidos biológicos en una misma muestra mediante el uso de anticuerpos monoclonales. Este enfoque permite una evaluación más eficiente en contextos de múltiples víctimas o agresores, donde el análisis individualizado de cada muestra sería demasiado costoso o demorado (11). No obstante, estas pruebas requieren personal altamente capacitado, reactivos especializados y condiciones de almacenamiento estrictas que, de no cumplirse, pueden comprometer la fiabilidad del análisis.

Integración con otros métodos forenses

La eficacia de las técnicas serológicas se potencia significativamente cuando se integran con otras disciplinas forenses, generando un enfoque multidimensional que permite abordar con mayor profundidad la complejidad de los casos criminales. En particular, la combinación con la tipificación de ADN, la antropología forense, la odontología legal, la balística, la entomología forense y la reconstrucción tridimensional de la escena del crimen permite establecer líneas de evidencia sólidas y complementarias que fortalecen la interpretación



pericial ante las instancias judiciales (25,26).

Esta sinergia interdisciplinaria se vuelve crucial en contextos extremos, como la identificación de cuerpos gravemente mutilados, calcinados o en avanzado estado de descomposición, en los que los métodos clásicos como la dactiloscopia o la inspección visual resultan ineficaces. En estos escenarios, los exámenes serológicos pueden revelar la presencia de sangre, semen, saliva u otros fluidos biológicos en tejidos blandos remanentes o superficies cercanas, proporcionando pistas clave sobre la identidad de la víctima, la dinámica de los hechos o la participación de terceros (27, 28).

En este marco, la presente investigación se orienta a analizar los principales desafíos que enfrenta la cadena de custodia en casos de delitos flagrantes dentro del sistema judicial ecuatoriano, con especial énfasis en la gestión de la evidencia biológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo exploratorio-descriptivo, cuyo propósito fue analizar la aplicación de las técnicas serológicas en el ámbito criminalístico y evaluar sus beneficios, limitaciones e implicaciones dentro del proceso penal ecuatoriano. El enfoque cualitativo permitió comprender el fenómeno en profundidad desde una perspectiva interpretativa, considerando tanto el marco normativo y teórico como la experiencia de los profesionales forenses que aplican estas técnicas en contextos reales.

El diseño metodológico combinó tres estrategias complementarias: la revisión bibliográfica sistemática, entrevistas en profundidad y el análisis de un estudio de caso emblemático. Esta triangulación metodológica fortaleció la validez de los hallazgos, permitiendo contrastar la evidencia documental con las percepciones y experiencias de actores clave del sistema judicial.

Revisión bibliográfica sistemática

La revisión bibliográfica se realizó mediante la identificación, selección crítica y análisis de literatura científica relacionada con el uso de técnicas serológicas en la identificación criminal. Se establecieron criterios de inclusión como: pertinencia temática, actualidad (últimos diez años: 2014–2024) y rigor metodológico. Se priorizaron artículos publicados en bases de datos indexadas como Scopus, Web of Science y Google Scholar, así como revistas especializadas en ciencias forenses.

Los términos de búsqueda utilizados fueron: “serología forense en la identificación de sospechosos”, “pruebas serológicas en la escena del crimen” y “validación de técnicas serológicas en criminalística”, combinados mediante operadores booleanos. La información fue organizada mediante categorización temática, distinguiendo beneficios, limitaciones, riesgos jurídicos y desafíos operativos en la aplicación de estas técnicas. Se identificaron los principales métodos serológicos empleados en investigaciones penales, las condiciones técnicas necesarias para su fiabilidad, y los factores que afectan su admisibilidad judicial.

Análisis empírico: Entrevistas en profundidad

Como complemento a la revisión documental, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a



peritos forenses, técnicos de laboratorio y expertos en serología criminalística. La selección de los participantes se realizó mediante muestreo intencional, en función de su experiencia directa en el uso de pruebas serológicas en procesos penales ecuatorianos.

Las entrevistas estuvieron orientadas a:

- Comprender la percepción de los expertos sobre la confiabilidad y validez de las técnicas serológicas.
- Identificar los principales obstáculos operativos, normativos y técnicos en su aplicación.
- Explorar propuestas para optimizar su uso en la práctica forense nacional.

El análisis de los datos cualitativos se realizó mediante un enfoque de codificación temática, identificando categorías emergentes en torno a confiabilidad, cadena de custodia, disponibilidad de equipos, formación técnica, valor judicial, normativa aplicable y cooperación interinstitucional. La confidencialidad de los entrevistados fue garantizada mediante el uso de códigos anónimos y consentimiento informado, en cumplimiento de principios éticos de la investigación en ciencias sociales y jurídicas.

Estudio de caso: Aplicación forense en el caso Colin Pitchfork

Para enriquecer el análisis, se incorporó un estudio de caso emblemático: el proceso judicial de Colin Pitchfork en Reino Unido, considerado un hito en la historia de la criminalística por ser el primer caso en el que se utilizó exitosamente el ADN para identificar a un homicida sexual. Este caso fue seleccionado por su valor metodológico y su potencial para ilustrar buenas prácticas en el uso combinado de técnicas serológicas y genéticas en la identificación de sospechosos.

Se analizaron fuentes secundarias como sentencias judiciales, artículos académicos, reportes técnicos y publicaciones periodísticas, bajo un enfoque temático. Las categorías analíticas incluyeron: confiabilidad de los métodos empleados, obstáculos en la recolección de muestras, soluciones implementadas, y el impacto de las pruebas en la decisión judicial. El caso permitió examinar cómo la serología forense, articulada con la genética y una cadena de custodia rigurosa, puede garantizar resultados judiciales sólidos, replicables y éticamente aceptables.

Consideraciones éticas

Durante el desarrollo del estudio, se adoptaron medidas éticas rigurosas, especialmente en el tratamiento de la información recopilada a través de entrevistas. Todos los participantes fueron informados sobre el propósito de la investigación, el uso académico de los datos y su derecho a la confidencialidad, en concordancia con las normativas internacionales en investigación cualitativa.

No se requirió la intervención de comités de bioética institucional debido a que no se incluyeron experimentos ni procedimientos invasivos con humanos o animales.

Limitaciones del estudio

Entre las principales limitaciones identificadas se encuentran la dependencia de fuentes secundarias en el estudio de caso y el hecho de que este se basa en un solo evento criminal, lo cual restringe la posibilidad de generalización estadística. No obstante, la profundidad del análisis cualitativo permite extraer conclusiones relevantes y transferibles a contextos forenses similares, ofreciendo aportes sustantivos al fortalecimiento del uso de pruebas serológicas en la justicia penal ecuatoriana.

RESULTADOS

Con base en los instrumentos metodológicos aplicados revisión bibliográfica sistemática, entrevistas en profundidad con peritos forenses y estudio de caso emblemático se estructuraron los resultados en torno a siete dimensiones analíticas fundamentales. Estas dimensiones no solo reflejan el estado actual de la aplicación de técnicas serológicas en el Ecuador, sino también sus impactos procesales y las oportunidades de mejora en el contexto de la cadena de custodia.

1. Confiabilidad técnica de las pruebas serológicas

El análisis bibliográfico y empírico coincidió en señalar que las pruebas serológicas, cuando se aplican correctamente, son altamente confiables para identificar rastros biológicos en la escena del crimen. Sin embargo, su fiabilidad se ve afectada negativamente por factores ambientales (temperatura, humedad, contaminación) y técnicos (mal uso de reactivos, almacenamiento incorrecto). La literatura ha advertido que la validez científica de estos métodos depende de condiciones rigurosas de conservación, manipulación y análisis, así como de la selección adecuada de la técnica en función del tipo de muestra y contexto del caso (15, 11).

Tabla 1. Técnicas serológicas más utilizadas y su aplicabilidad forense

| Técnica Serológica | Aplicación principal | Fortalezas | Limitaciones identificadas |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Absorción-elución | Determinar grupo ABO en telas | Bajo costo, aplicabilidad sobre ropa | Material y tiempo afectan resultados (15) |
| Análisis de ADN | Identificación individual | Alta precisión, confirma sospechosos | Costoso, requiere tecnología avanzada (29) |
| Inmunocromatografía | Diferenciación de fluidos biológicos | Rápida y precisa en delitos sexuales | Riesgo de falsos positivos (30) |
| Análisis de patrones de sangre | Reconstrucción de hechos delictivos | Complementa la narrativa judicial | Requiere pericia especializada (13) |

Nota: Elaboración a partir de las fuentes (15, 29, 30,13).



2. Limitaciones en la cadena de custodia

Las entrevistas revelaron fallas estructurales en los procedimientos de cadena de custodia, especialmente en delitos flagrantes, donde la presión por obtener resultados inmediatos genera omisiones en la rotulación, el registro secuencial y el transporte de evidencias. Estas debilidades coinciden con lo señalado por estudios internacionales, donde se ha demostrado que una cadena de custodia deficiente no solo compromete la integridad de la prueba, sino que también afecta su admisibilidad judicial (9).

3. Disponibilidad de equipos y reactivos

El estudio detectó una grave carencia de equipamiento técnico en los laboratorios de criminalística del país. Muchas unidades carecen de reactivos actualizados, cámaras de refrigeración o kits especializados para pruebas inmunocromatográficas, dificultando la implementación de técnicas avanzadas y limitando el rango de aplicación serológica. Esta situación se agrava fuera de las principales ciudades, donde la recolección de muestras debe ser acompañada de largos traslados, lo que compromete la conservación de las evidencias.

4. Capacitación del personal forense

Los entrevistados manifestaron de forma unánime que el personal policial y fiscal frecuentemente no posee formación específica para el tratamiento de muestras serológicas. Se identificaron casos en los que se usaron pruebas presuntivas como pruebas concluyentes, o en los que las muestras fueron manipuladas sin guantes, contaminadas o almacenadas inadecuadamente. Este déficit de conocimiento técnico afecta no solo la validez de la prueba, sino la legitimidad del proceso penal.

Tabla 2. Categorías emergentes de entrevistas a peritos forenses

| Categoría Identificada | Descripción del Hallazgo | Frecuencia |
|-------------------------------------|---|------------|
| Falta de capacitación especializada | Falencias técnicas para interpretar resultados serológicos. | 9 de 12 |
| Déficit en infraestructura | Laboratorios carecen de reactivos y equipos para ADN o inmunocromatografía. | 8 de 12 |
| Cadena de custodia vulnerable | Rotulado incorrecto, embalaje no técnico, falta de registro cronológico. | 10 de 12 |
| Aporte probatorio limitado | Evidencias excluidas por errores técnicos y falta de formación judicial sobre su valor. | 7 de 12 |

Nota: Elaboración con base en los testimonios obtenidos a través de entrevistas semiestructuradas realizadas a 12 peritos forenses activos durante el desarrollo del estudio.

6. Impacto de la normativa vigente

El marco normativo ecuatoriano, específicamente el Código Orgánico Integral Penal (COIP), establece lineamientos generales para el manejo de evidencias dentro del proceso penal,



incluyendo la cadena de custodia (6). No obstante, dichas disposiciones presentan un nivel de abstracción que dificulta su aplicación práctica en contextos específicos, particularmente en lo que respecta al tratamiento de evidencias biológicas obtenidas mediante técnicas serológicas y genéticas.

Esta falta de desarrollo técnico-normativo genera múltiples consecuencias: permite prácticas no estandarizadas, impide la trazabilidad rigurosa de muestras, limita la adopción de innovaciones científicas y no contempla tecnologías como la inmunocromatografía o el ADN en tiempo real.

Comparativamente, países como Reino Unido, Canadá y Alemania han desarrollado marcos regulatorios específicos que contemplan manuales operativos, estándares internacionales de calidad (ISO/IEC 17025), y bases de datos genéticos (26,28). En Ecuador, aún no se refleja este avance, lo que deja vacíos técnicos y jurídicos importantes.

Se recomienda una reforma legislativa que incorpore protocolos técnicos operativos para la evidencia biológica, alineados con las recomendaciones de Naciones Unidas, INTERPOL, UNODC y la Red Iberoamericana de Instituciones de Medicina Legal.

7. Comparación con el caso Pitchfork

El caso de Colin Pitchfork constituye un hito en la historia de la criminalística, siendo el primero en aplicar exitosamente el análisis de ADN para condenar a un homicida sexual. En 1986, tras la recolección masiva de muestras de ADN en Reino Unido, se logró su identificación y condena, gracias a la combinación rigurosa de recolección, análisis y preservación bajo una cadena de custodia estricta (27).

Tabla 3. Dimensiones analizadas y sus implicaciones prácticas

| Dimensión Analizada | Evidencia Documentada | Implicaciones Prácticas |
|---------------------------------------|--|--|
| Confiabilidad de técnicas serológicas | Precisión disminuye sin control técnico ni condiciones de conservación adecuadas. | Fortalecer protocolos de manejo y recolección con capacitación continua. |
| Cadena de custodia deficiente | Rupturas comunes en delitos flagrantes, errores en registro y embalaje. | Implementar sistemas digitales de trazabilidad y entrenamiento en procedimientos. |
| Falta de equipos y reactivos | Laboratorios con tecnología obsoleta o sin insumos básicos. | Inversión pública para infraestructura y acceso equitativo al análisis científico. |
| Falta de formación técnica | Uso inadecuado de pruebas presuntivas, contaminación frecuente por manipulación errónea. | Diseñar programas de capacitación técnica y certificación para peritos y fiscales. |
| Valor judicial limitado | Existen exclusiones por errores en cadena de custodia o por desconocimiento judicial. | Incorporar guías técnico-normativas que respalden el uso de serología en juicio. |
| Normativa ambigua | El COIP no detalla técnicamente el tratamiento de evidencias serológicas. | Reformar la normativa penal para incorporar protocolos específicos actualizados. |
| Caso Pitchfork como referente | Demuestra eficacia de aplicación rigurosa de pruebas serológicas con soporte genético. | Adaptar buenas prácticas internacionales en el diseño de políticas judiciales y forenses en Ecuador. |

Nota: Elaboración mediante triangulación de resultados obtenidos a partir de la revisión bibliográfica sistemática, las entrevistas a expertos y el análisis del estudio de caso.

Este caso evidenció la capacidad de la genética forense no solo para incriminar, sino también para exculpar, fortaleciendo la presunción de inocencia. Además, generó reformas profundas en el sistema judicial británico, institucionalizando mecanismos como el consentimiento informado, la trazabilidad digital de muestras y el acceso equitativo a tecnologías forenses.

En Ecuador, replicar este modelo presenta desafíos importantes: No existen protocolos técnicos para recolección masiva, hay limitaciones en bases de datos genéticas y se evidencia debilidad en la cadena de custodia, sumado a una cultura jurídica que aún no incorpora plenamente la ciencia pericial como herramienta judicial.

DISCUSIÓN

Los hallazgos obtenidos en esta investigación permiten establecer una serie de reflexiones críticas sobre el estado actual, las fortalezas y las debilidades de la aplicación de técnicas serológicas en el contexto penal ecuatoriano, especialmente en los delitos flagrantes. A partir de los resultados analizados, se destacan varias dimensiones clave que deben ser abordadas desde una perspectiva técnica, normativa e institucional.

Se confirma que las técnicas serológicas, cuando son aplicadas bajo condiciones idóneas de preservación, manipulación y análisis, ofrecen una herramienta altamente efectiva para la identificación de víctimas y sospechosos, en concordancia con lo evidenciado por estudios internacionales (10, 11). Sin embargo, esta efectividad se ve comprometida en el contexto ecuatoriano por la escasez de laboratorios acreditados, la falta de formación técnica especializada y el débil cumplimiento de la cadena de custodia, especialmente en escenarios de flagrancia donde la recolección de pruebas debe hacerse en lapsos muy breves (7).

La triangulación de fuentes empíricas y teóricas revela que la ausencia de protocolos operativos estandarizados genera un margen de discrecionalidad preocupante entre los operadores del sistema de justicia penal. Esto coincide con lo advertido por Ogundipe et al. (2), quienes identifican que la falta de capacitación y de procedimientos claros incrementa la posibilidad de errores en la manipulación de evidencia biológica.

Las entrevistas realizadas a peritos forenses del Ecuador confirman que, en muchos casos, se utilizan pruebas presuntivas como si fuesen concluyentes, o se almacenan muestras sin condiciones de bioseguridad, lo cual vulnera el principio de legalidad y puede invalidar los hallazgos periciales.

Otro aspecto crítico es la escasa articulación entre las instituciones involucradas en la investigación penal (policía, fiscalía, medicina legal), lo cual debilita la interoperabilidad de los sistemas de gestión de evidencias. A diferencia de modelos como el británico, en el que la coordinación institucional y la digitalización de la trazabilidad de las muestras aseguran una cadena de custodia robusta, en Ecuador las deficiencias logísticas y la carencia de sistemas informáticos compartidos dificultan el manejo eficiente de las pruebas (8).

En este sentido, la revisión del caso Colin Pitchfork constituye un referente fundamental. Este caso demuestra que la combinación de técnicas serológicas, genéticas y una gestión rigurosa de la cadena de custodia puede derivar en resultados judiciales justos y científicamente fundamentados (27). La imposibilidad de replicar este modelo en Ecuador evidencia la necesidad de reformas estructurales que integren tecnologías de punta, regulaciones claras y cultura pericial científica.

Desde una perspectiva normativa, se concluye que el COIP presenta vacíos importantes en cuanto al tratamiento de evidencia biológica, pues carece de protocolos técnicos detallados que orienten a los operadores del sistema en la recolección, conservación y análisis de este tipo de pruebas. Esto se traduce en inseguridad jurídica y en la frecuente exclusión de pruebas relevantes por defectos procesales.

Frente a este panorama, se plantea la necesidad de desarrollar un reglamento técnico complementario que incorpore los estándares internacionales de calidad (como ISO/IEC 17025), así como una normativa específica para el uso de pruebas serológicas y genéticas en contextos de violencia, desapariciones forzadas y delitos sexuales (28).

Finalmente, es importante destacar que el fortalecimiento de la serología forense en el Ecuador no solo requiere reformas legislativas, sino también una inversión sostenida en infraestructura, formación profesional, y sensibilización judicial. La justicia basada en evidencia científica no puede consolidarse sin una institucionalidad técnica robusta, dotada de recursos, coordinación interinstitucional y compromiso ético. Solo mediante un enfoque integral que articule ciencia, derecho y política criminal, se podrá garantizar que las técnicas serológicas contribuyan de manera efectiva a la verdad procesal, a la reparación de las víctimas y a la legitimidad del sistema penal ecuatoriano.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman que las técnicas serológicas, aplicadas bajo condiciones adecuadas de conservación, manipulación y análisis, constituyen un recurso técnico-científico de alta utilidad para la identificación de víctimas y sospechosos en procesos penales. No obstante, en el contexto ecuatoriano su efectividad se ve limitada por la ausencia de protocolos operativos estandarizados, deficiencias en la cadena de custodia, escasa infraestructura forense y vacíos normativos que afectan su validez procesal. Las entrevistas a expertos evidenciaron una falta generalizada de formación técnica, una débil articulación interinstitucional y una infraestructura insuficiente, lo cual compromete la calidad del peritaje serológico.

Así mismo, el análisis comparativo con el caso Colin Pitchfork demuestra que la combinación de rigor metodológico, trazabilidad documental y normativa especializada permite consolidar decisiones judiciales basadas en evidencia científica. En tal sentido, se propone fortalecer la serología forense en el Ecuador mediante la adopción de estándares internacionales como ISO/IEC 17025, la implementación de reformas legales específicas y la inversión en formación profesional e infraestructura. Solo mediante un enfoque integral que articule ciencia, derecho y política criminal será posible garantizar el debido proceso, la legitimidad de las decisiones judiciales y el fortalecimiento de una justicia basada en evidencia.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Roux C, Crispino F, Ribaux O. Forensic science 2020: A review. *Forensic Sci Int.* 2020;307:110112.
2. Ogundipe G, Van Niekerk A, Boateng F. Forensic evidence and its role in criminal justice: A global perspective. *Forensic Sci Int.* 2021;320:110715.
3. González-Pérez J, Morales A, Ramírez D. Forensic science in Latin America: Current challenges and digital transition. *J Forensic Res Anal.* 2023;5(1):43–55.
4. Kayser M, de Knijff P. Improving human forensics through advances in genetics, genomics and molecular biology. *Nat Rev Genet.* 2011;12(3):179–92.
5. United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). *Forensic services and infrastructure in Latin America.* Vienna: UNODC; 2019.
6. Asamblea Nacional del Ecuador. Código Orgánico Integral Penal. Quito: Registro Oficial Suplemento 180; 2021.
7. Gómez-Mera M. La cadena de custodia en los delitos flagrantes: una revisión desde el sistema judicial ecuatoriano. *Rev Derecho Penal.* 2022;19(2):120–35.
8. Becker B, Doyle BR, Baldassi R. Digital evidence management in forensic science. *Forensic Sci Int.* 2020;312:110325.
9. Budowle B, Schmedes SE, Wootton SC. Forensic science: A time of transformation. *Forensic Sci Int Synergy.* 2019;1:1–2.
10. Sijen T. DNA analysis in forensic science: Current and future developments. *Forensic Sci Int Genet.* 2021;53:102513.
11. Rana K, Jain R, Singh M. Advances in serological techniques for forensic identification. *Int J Forensic Sci.* 2023;8(1):14–22.
12. Brunelle RL, Halámek J. Forensic biocomputing: The future of criminalistics. *J Forensic Sci.* 2017;62(6):1455–62.
13. Nogueira N. *Criminalística moderna.* 2nd ed. São Paulo: Atlas; 2013.
14. Schellenberg A, Graw M, Ritz-Timme S. Blood group determination using absorption-elution method. *Int J Legal Med.* 2020;134(2):399–405.
15. More H, Rao T, Singh S. Environmental factors affecting forensic blood tests. *Egypt J Forensic Sci.* 2020;10(1):8.

16. Butler JM. Advanced topics in forensic DNA typing: Methodology. 2nd ed. San Diego: Elsevier Academic Press; 2015.
17. Pretty IA, Sweet D. A look at forensic dentistry – Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *Br Dent J*. 2001;190(7):359–66.
18. Pereira CP, Santos MLR. Odontología forense: fundamentos y aplicaciones. Bogotá: Editorial Médica Panamericana; 2015.
19. Vale CA. Morder para agredir: análisis forense de lesiones por mordedura. *Rev Forense*. 2022;28(2):31–40.
20. Bevel T, Gardner RM. Bloodstain Pattern Analysis with an Introduction to Crime Scene Reconstruction. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2008.
21. James SH, Kish PE, Sutton TP. Principles of Bloodstain Pattern Analysis: Theory and Practice. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2020.
22. Holtkötter H, Granzow M, Dierig A. Detection of menstrual blood by a lateral flow assay for forensic applications. *Forensic Sci Int Genet*. 2018;36:47–52.
23. Trindade-Filho EM, Souza HS, Teixeira CA. Forensic evaluation of biological evidence on firearms. *Forensic Sci Int*. 2008;179(2–3):e19–e22.
24. Gomes CC, Silva LD, Oliveira MP. Biological trace analysis on stabbing weapons. *Rev Bras Criminalística*. 2022;11(3):245–53.
25. Lee HC, Palmbach T, Miller MT. Henry Lee's Crime Scene Handbook. Burlington: Academic Press; 1991.
26. Ubelaker DH, Blau S. Handbook of Forensic Anthropology and Archaeology. 2nd ed. London: Routledge; 2017.
27. Hansen J, Eriksen B. Serological methods in forensic medicine. *Med Sci Law*. 1988;28(3):188–93.
28. Madea B. Methods for identification in mass disasters. *Forensic Sci Med Pathol*. 2017;13(2):213–24.
29. Mahajan A, Kapoor NR, Gupta S. Forensic DNA analysis: An overview. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 2018;8(1):45–53. doi:10.1186/s41935-018-0067-7





30. Holtkötter H, Granzow M, Dierig A. Detection of menstrual blood by a lateral flow assay for forensic applications. *Forensic Science International: Genetics*. 2018;36:47–52. doi:10.1016/j.fsigen.2018.06.003

