UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales en la provincia de Chimborazo

Autor: Bravo Lapo, Geomara Dayana
Guaján Chávez, Katherine Anahí
Tutor: Mgs. Cáceres Manzano Verónica Paulina

Riobamba, Ecuador
2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE SALUD

CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO

TRABAJO DE TITULACIÓN - MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

LICENCIADA DE LABORATORIO CLÍNICO

TÍTULO:

Análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales en la provincia de Chimborazo.

AUTOR:

Bravo Lapo, Geomara Dayana

Guaján Chávez, Katherine Anahí

TUTOR:

Mgs. Cáceres Manzano Verónica Paulina

Riobamba, Ecuador

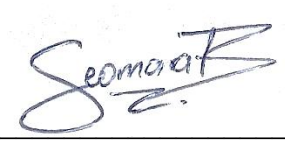
2026

© DECLARATORIA DE AUTORÍA

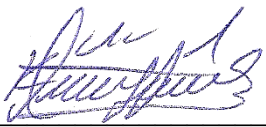
Nosotros, Geomara Dayana Bravo Lapo, con cédula de identidad 2100776471 y Katherine Anahí Guaján Chávez, con cédula de ciudadanía 1725453276, autores del trabajo de titulación: Análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales en la provincia de Chimborazo, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 29 de octubre de 2026.



GEOMARA DAYANA BRAVO LAPO
NUI: 2100776471



KATHERINE ANAHÍ GUAJÁN CHÁVEZ
NUI: 1725453276

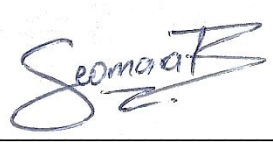
DECLARATORIA SOBRE EL USO DE HERRAMIENTAS DE IA

Nosotros, Geomara Dayana Bravo Lapo, con cédula de identidad 2100776471 y Katherine Anahí Guaján Chávez, con cédula de ciudadanía 1725453276, autores del presente trabajo de titulación, declaro que el uso de herramientas de inteligencia artificial en la elaboración del presente trabajo de titulación se limitó exclusivamente al apoyo en la organización de ideas y a la mejora de la redacción y claridad expositiva, en los apartados de introducción, marco teórico y marco metodológico, sin implicar la generación autónoma de contenidos académicos, análisis, resultados, conclusiones ni aportes propios del proceso investigativo.

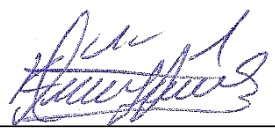
Asimismo, dejo constancia de que las decisiones académicas, el desarrollo conceptual, el enfoque metodológico, el análisis de fuentes y la interpretación de resultados son de mi exclusiva responsabilidad.

Finalmente, declaro que el uso de dichas herramientas no sustituyó mi criterio académico, ni vulneró las disposiciones institucionales sobre plagio, propiedad intelectual y autoría, manteniéndose el cumplimiento de las normas de citación y referenciación, con el fin de garantizar la transparencia académica y el uso ético y responsable de tecnologías emergentes en la elaboración del trabajo de titulación.

En Riobamba, 29 de octubre de 2026.



GEOMARA DAYANA BRAVO LAPO
NUI: 2100776471



KATHERINE ANAHÍ GUAJÁN CHÁVEZ
NUI: 1725453276

DEDICATORIA

A Dios le dedico este trabajo porque nunca dejó de sostener mi mano. En los días de incertidumbre fue mi refugio, mi fuerza y la luz que me permitió llegar hasta este momento. A mi mami, por ser el amor más grande de mi vida. Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento y por creer en mí incluso cuando yo no podía hacerlo. Este logro nace de tu esfuerzo tanto como del mío. A la persona que decidió caminar a mi lado desde el inicio de esta carrera hasta el final, gracias por acompañarme en cada desvelo, por sostenerme cuando sentía que no podía más y por hacer de este camino uno mucho más bonito. A mi querida Lara, por regalarme amor sin pedir nada a cambio y por llenar de paz los días más difíciles. A mí, por no rendirme, por seguir adelante entre lágrimas, miedo y cansancio, y por demostrarme que los sueños sí se cumplen cuando el corazón nunca deja de creer. Y, finalmente, a mi banda favorita, por acompañar con su música cada etapa de este sueño. Y a esa persona que hoy me cuida desde el cielo, porque tu recuerdo sigue siendo una luz en mi vida. Me gusta creer que hoy sonríes conmigo. Este logro también es para ti.

Geomara Dayana Bravo Lapo

Con profundo amor y gratitud, dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su esfuerzo incansable, su sacrificio, sus enseñanzas y por brindarme siempre su apoyo incondicional. Cada uno de mis logros es también el reflejo de todo lo que han hecho por mí y de la confianza que depositaron en mis capacidades. A mis queridos hermanos, Lisbeth, Jean Carlos, Naidelly y Bradly, por acompañarme en cada etapa de este camino, por sus palabras de aliento, su cariño y por celebrar conmigo cada avance y cada meta alcanzada. Y con un cariño muy especial, a Oliver, mi fiel compañero, quien estuvo presente durante las largas jornadas de estudio, recordándome que incluso en los días más difíciles siempre había un motivo para seguir adelante. A ustedes dedico este logro, porque son parte esencial de mi historia y de cada paso que me ha permitido llegar hasta aquí.

Katherine Anahí Guaján Chávez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo y a la carrera de Laboratorio Clínico, por brindarme el espacio y las herramientas necesarias para formarme como profesional, permitiéndome crecer no solo académicamente, sino también como persona. A mis docentes, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, dejando una huella invaluable en mi formación y motivándome a ejercer esta profesión con compromiso y vocación. A mi tutora de tesis, Mgs. Verónica Cáceres, por su guía, paciencia y apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Gracias por acompañarme en este proceso y aportar con sus conocimientos para alcanzar esta meta. A Katherine, mi amiga y compañera de tesis, gracias por compartir conmigo este camino, por cada esfuerzo, cada desvelo y cada momento vivido durante este proceso. Tu amistad hizo que los desafíos fueran más llevaderos y convirtió esta experiencia en un recuerdo que llevaré siempre conmigo. A todas las personas que formaron parte de esta etapa, gracias por su apoyo, cariño y por ser parte de este logro tan importante en mi vida.

Geomara Dayana Bravo Lapo

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, institución que me brindó la oportunidad de formarme profesionalmente y adquirir principios que hoy constituyen la base de mi desarrollo como profesional. Asimismo, agradezco a los docentes de la carrera de Laboratorio Clínico, quienes, con su experiencia y dedicación, contribuyeron significativamente a mi formación académica. Mi más profundo reconocimiento a mi tutora de tesis, Mgs. Verónica Paulina Cáceres Manzano, por su valiosa orientación, paciencia, compromiso y constante disposición para compartir sus conocimientos. De manera muy especial, agradezco a mi compañera de tesis y amiga, Geomara, por recorrer este camino a mi lado con responsabilidad, compromiso y dedicación. Finalmente, expreso mi gratitud a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional, brindándome su apoyo, confianza y motivación para culminar con éxito esta investigación.

Katherine Anahí Guaján Chávez

ÍNDICE

RESUMEN 9
ABSTRACT 10
INTRODUCCIÓN 11
OBJETIVOS 14
MARCO REFERENCIAL 15
Biología forense: conceptos fundamentales 15
Definición y alcance 15
Marco legal ecuatoriano 15
Situación forense en la provincia de Chimborazo 16
Fluidos biológicos en biología forense 16
Tipos de fluidos biológicos de interés forense 17
Persistencia y degradación de fluidos 19
Técnicas de identificación de fluidos biológicos 20
Sangre 20
Semen 23
Saliva 27
Orina 28
Flujo Vaginal 29
Manejo, recolección y conservación de muestras biológicas 30
Cadena de custodia 30
Procedimientos estandarizados 31
Documentación y transporte de evidencia 33
Errores comunes en cadena de custodia 34
Recolección de muestras biológicas en escenas del crimen 35
Delitos sexuales 35
Delitos contra la integridad sexual y reproductiva 37
Kit de peritajes forenses en delitos sexuales 39
Procedimientos de análisis de Laboratorio 40
Prevención de contaminación y control de calidad 42
Conservación de muestras biológicas 42
Problemas frecuentes en Chimborazo 44
Aplicaciones forenses en la provincia de Chimborazo 45

Casos documentados en Riobamba y zonas rurales 46
METODOLOGÍA 48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52
CONCLUSIONES 66
BIBLIOGRAFÍA 67
ANEXOS 76

RESUMEN

El análisis de evidencias biológicas tiene un papel importante en la investigación de delitos sexuales, debido a que los indicios obtenidos contribuyen al esclarecimiento de lo que ocurrió y la determinación de posibles relaciones entre las personas involucradas. El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad analizar los principales fluidos biológicos de interés forense. También se revisaron las técnicas utilizadas para su análisis y las dificultades que pueden presentarse durante el manejo de estas evidencias en el contexto de la provincia de Chimborazo. El estudio tuvo un enfoque cualitativo y fue de tipo descriptivo, no experimental y retrospectivo. Se realizó mediante una revisión bibliográfica y documental de publicaciones científicas relacionadas con el área forense. Como resultado de la información analizada, se llegó a la conclusión de que el semen, la saliva, la sangre, la orina y las secreciones vaginales fueron los fluidos de principal interés en dichos casos, por su utilidad para obtener información genética. En cuanto a los procedimientos, se identificaron técnicas de detección mediante pruebas presuntivas y confirmatorias, además de procesos de ADN que permiten obtener perfiles genéticos y caracterizar los indicios. Por otra parte, se reconocieron dificultades relacionadas con la contaminación, degradación y pérdida del material biológico, como aspectos legales e institucionales que pueden influir en los resultados. Finalmente, la revisión mostró que existe poca información específica sobre esta temática en Chimborazo, por lo que es necesario fortalecer el manejo de evidencias, la capacitación del personal y la aplicación de los protocolos forenses.

Palabras claves: fluidos biológicos, delitos sexuales, evidencia biológica, análisis forense, ADN.

ABSTRACT

The analysis of biological evidence plays an important role in the investigation of sexual offenses, as the evidence collected can contribute to clarifying the events and establishing possible links between the individuals involved. The purpose of this study was to analyze the main biological fluids of forensic interest. The techniques used for their analysis and the difficulties that may arise during the handling of such evidence in the province of Chimborazo were also reviewed. The study adopted a qualitative approach and was descriptive, non-experimental, and retrospective in nature. It was conducted through a bibliographic and documentary review of scientific publications related to forensic science. Based on the information analyzed, it was concluded that semen, saliva, blood, urine, and vaginal secretions were the biological fluids of greatest forensic interest in these cases because of their usefulness in obtaining genetic information. Regarding analytical procedures, presumptive and confirmatory tests were identified, along with DNA analysis techniques that make it possible to obtain genetic profiles and characterize biological evidence. In addition, difficulties related to contamination, degradation, and loss of biological material were identified, as well as legal and institutional factors that may influence the results. Finally, the review revealed limited specific information on this topic in Chimborazo, highlighting the need to strengthen evidence-handling procedures, staff training, and the implementation of forensic protocols.

Keywords: biological fluids, sexual offenses, biological evidence, forensic analysis, DNA.



Reviewed by:
MsC. Edison Damian Escudero
ENGLISH PROFESSOR
C.C.0601890593

INTRODUCCIÓN

Las ciencias forenses constituyen un conjunto de disciplinas especializadas que integran conocimientos científicos y técnicos para el análisis de evidencias en el contexto de investigaciones judiciales, con el propósito de contribuir al esclarecimiento de los delitos[1]. Dentro de estas disciplinas se encuentra la biología forense, que integra conocimientos de la biología, la medicina y la genética para el análisis de evidencias de origen biológico. Esta disciplina se fundamenta en el análisis de trazas biológicas recuperadas en escenas del crimen para identificar presuntos responsables, víctimas y establecer vínculos entre la evidencia y hechos delictivos[2,3].

Los delitos sexuales constituyen una de las formas más graves de violencia que afectan el bienestar físico, la estabilidad emocional y la vida en comunidad de quienes la padecen[4]. Además, dichos actos representan una vulneración de los derechos humanos protegidos por la legislación ecuatoriana[5]. Estas conductas generan consecuencias físicas, psicológicas y sociales que afectan significativamente a las víctimas. En este contexto, la ciencia forense ha adquirido un papel fundamental, ya que permite la adecuada recolección de evidencias biológicas, fortaleciendo los procesos de investigación de los delitos sexuales y el proceso judicial[1].

En biología forense, se analizan varios fluidos biológicos fundamentales que permiten identificar rastros importantes en la escena del crimen y establecer conexiones entre la víctima y el agresor[1]. Estos fluidos tienen diferentes componentes, como proteínas, enzimas y células, que se pueden identificar mediante distintos métodos analíticos empleados en el ámbito forense. Para garantizar los resultados, es importante la recolección, conservación y procesamiento de las muestras. Además, la aplicación de procedimientos estandarizados favorece que los análisis sean más fiables y tengan un valor probatorio de los análisis en los procesos judiciales[1].

A nivel internacional, en el contexto europeo, la estandarización de los procedimientos forenses y el control de calidad constituyen elementos orientados a garantizar la confiabilidad de los resultados periciales[6]. El análisis forense de fluidos biológicos ha alcanzado un alto desarrollo en países como Estados Unidos, donde el uso de tecnologías avanzadas y bases de datos genéticos ha fortalecido la identificación de agresores en delitos sexuales mediante evidencia científica confiable[1]. Por otro lado, en América Latina, aunque se han logrado avances importantes en biología forense, aún persisten limitaciones en infraestructura, acceso a tecnología y capacitación del personal[3].

En Perú, la atención médico legal presenta limitaciones estructurales y operativas que afectan la calidad de la respuesta forense ante delitos sexuales y violencia contra la mujer. Un estudio elaborado en 2023, basado en el marco del paquete de servicios esenciales de ONU Mujeres y centrándose en comunidades indígenas, constato que el sistema de salud presenta inconvenientes para determinar de manera adecuada a las víctimas y a los agresores, además los profesionales de salud carecen de capacitación para brindar

respuesta frente a casos de violencia de pareja y sexual. Este problema no se prioriza como problema de salud, lo que impide una adecuada recolección y preservación de evidencia médico-legal desde el primer contacto con la víctima[7].

Aunque el análisis forense de fluidos biológicos ha avanzado, en Ecuador todavía existen limitaciones en la implementación de técnicas y los protocolos en la investigación de delitos sexuales. La fiscalía general del Estado señala que los casos de violencia sexual han subido en los últimos años, lo cual deja ver que hace falta reforzar los procesos de investigación y peritaje[8]. Esta situación muestra la importancia de tener procedimientos estandarizados, garantizando la adecuada conservación de la evidencia biológica y su correcto análisis.

En el contexto de la provincia de Chimborazo, estas limitaciones pueden constituir áreas de atención para el fortalecimiento de los procedimientos relacionados con el manejo y análisis de evidencias biológicas, de acuerdo con las dificultades descritas en la literatura y documentación revisada [1,9]. Además, las limitaciones relacionadas con el equipamiento y la actualización profesional pueden afectar la interpretación de los resultados y la calidad de los informes periciales.

Del mismo modo, las dificultades en la coordinación entre las instituciones que intervienen en la investigación y las posibles irregularidades en la cadena de custodia pueden aumentar el riesgo de pérdida, contaminación o alteración de las muestras biológicas[9]. Estas situaciones pueden comprometer la integridad de la evidencia y dificultar su utilización durante la investigación, lo cual perjudica que las víctimas puedan ejercer sus derechos ante la justicia. Por ello, el manejo adecuado de la evidencia resulta importante para preservar su utilidad científica y legal durante la investigación. Por lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera el análisis forense de fluidos biológicos contribuye a la identificación de agresores y al esclarecimiento de delitos sexuales en la provincia de Chimborazo?

Ante esta realidad, se vuelve necesario revisar el rol que cumple el análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales, especialmente en contextos como la provincia de Chimborazo, donde la literatura revisada permite identificar aspectos técnicos e institucionales que requieren atención. Si estas pruebas se manejan de forma correcta, los informes periciales ganan en calidad y los resultados son más fiables, lo cual incide directamente en las resoluciones que adoptan los jueces[10]. Además, el análisis correcto de los fluidos biológicos permite establecer relaciones científicas objetivas entre los involucrados en el delito.

Del mismo modo, seguir correctamente protocolos como la cadena de custodia es clave para preservar la integridad, autenticidad y validez legal de las pruebas, y evitar que se contaminen o se pierdan en el transcurso de la investigación[9]. Desde una mirada social, esta investigación resulta importante porque ayuda a mejorar los procesos de indagación de

delitos sexuales, lo cual facilita la identificación de los culpables y la defensa de los derechos de las víctimas.

Este estudio ayudará a mejorar el desarrollo del conocimiento en biología forense aplicada a delitos sexuales, sobre todo en sectores donde no hay mucha investigación científica. Además, permitirá recopilar información importante sobre el manejo de fluidos biológicos y las limitaciones existentes presentes durante estos procesos. De esta manera, aporta a futuras investigaciones y profesionales relacionados con el área de salud y ciencias forenses y derecho.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la importancia del estudio forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales, considerando las principales técnicas, procedimientos, recursos y limitaciones descritos en la literatura científica y documental, así como su relevancia en el contexto de la provincia de Chimborazo, con el fin de establecer su contribución a la identificación de los responsables y al esclarecimiento de los hechos.

Objetivos específicos

- Establecer los principales fluidos biológicos de interés forense relacionados con la investigación de delitos sexuales, mediante la revisión de la literatura científica y documental, para reconocer su relevancia en el esclarecimiento de los hechos y su aplicación en el contexto de la provincia de Chimborazo.

- Relacionar las principales técnicas y procedimientos utilizados para el análisis de evidencias biológicas en la investigación de delitos sexuales, a partir de la información recopilada, para establecer su utilidad en la identificación y caracterización de los indicios biológicos.

- Categorizar las limitaciones técnicas, legales e institucionales que inciden en el manejo y análisis de evidencias biológicas, mediante la revisión documental de los procedimientos forenses y las normativas aplicables, para determinar las áreas críticas que requieren fortalecimiento en la provincia de Chimborazo.

MARCO REFERENCIAL

Biología forense: conceptos fundamentales

Definición y alcance

Las ciencias forenses comprenden el conjunto de disciplinas científicas que aplican conocimientos y métodos especializados para el estudio de evidencias relacionadas con hechos de interés judicial. Su propósito es generar resultados objetivos, reproducibles y sustentados científicamente que contribuyan al esclarecimiento de los hechos y apoyen la toma de decisiones dentro del sistema de justicia[1,3].

La biología forense constituye una rama especializada de las ciencias forenses que integra conocimientos de la biología, la medicina y la genética con el propósito de analizar evidencias de origen biológico en el contexto de investigaciones judiciales[1]. Esta disciplina se fundamenta en el análisis de trazas biológicas recuperadas en escenas del crimen para identificar perpetradores, víctimas y establecer vínculos entre evidencia y actos criminales[2,3].

Según lo expuesto en la Declaración de Sydney[11], los principios fundamentales enfatizan el papel central de la traza como vestigio o remanente de una actividad investigada. El trabajo de la biología forense es muy amplio. Puede detectar fluidos biológicos como la sangre, el semen y la saliva. También puede analizar material genético. Esto permite identificar a las personas que están involucradas en un delito[1].

La biología forense ocupa un lugar central dentro de la medicina forense y su peso se hace notar sobre todo cuando se investigan delitos sexuales. En ese tipo de casos, los fluidos biológicos suelen ser una de las pruebas más contundentes que se pueden presentar y terminan siendo parte de fundamental para resolver estos casos[3,12]. Asimismo, en casos de homicidio y violencia física, el estudio de fluidos biológicos permite determinar la dinámica de los hechos e identificar a los involucrados[12,13]. No obstante, el valor de esta evidencia depende directamente de su adecuada recolección y conservación.

Marco legal ecuatoriano

En el Ecuador, la Constitución de la República establece los principios que garantizan el debido proceso y la administración de justicia, atribuyendo a la Policía Nacional y a la Fiscalía General del Estado la competencia para dirigir la investigación penal y garantizar la custodia de los indicios y evidencias. En concordancia con este marco jurídico, la biología forense se encuentra regulada por un conjunto de disposiciones legales, reglamentos y protocolos que buscan asegurar que las pruebas se gestionen de manera adecuada dentro del proceso penal[5,8]

En el país, la biología forense está regulada por un conjunto de disposiciones y protocolos que buscan asegurar que las pruebas se gestionen de manera correcta dentro del proceso penal[5,8]. Las instituciones que tienen un rol principal en esto son la Policía Nacional y la Fiscalía General del Estado, a quienes les compete dirigir la investigación penal y la custodia de la evidencia[14].

La Policía Nacional, a través de sus unidades de Criminalística, realiza la inspección del lugar de los hechos y la recolección de indicios biológicos, mientras que la Fiscalía dirige el proceso investigativo y coordina los peritajes[8]. Estas acciones deben ejecutarse siguiendo protocolos técnicos que aseguren la integridad de la evidencia.

Un elemento fundamental es la cadena de custodia, que garantiza la autenticidad, integridad y trazabilidad de las evidencias desde su recolección hasta su presentación en juicio[5]. El incumplimiento de estos procedimientos puede comprometer la validez de la prueba. Asimismo, los laboratorios forenses deben cumplir estándares internacionales de calidad, en este contexto, la Norma ISO/IEC 17025:2017 establece los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, contribuyendo a garantizar la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos[15].

Situación forense en la provincia de Chimborazo

En la provincia de Chimborazo, los delitos sexuales, homicidios y casos de violencia intrafamiliar constituyen situaciones que requieren el análisis de evidencia biológica dentro de las investigaciones judiciales[8]. Sin embargo, la literatura revisada describe limitaciones relacionadas con la disponibilidad de recursos tecnológicos, infraestructura y capacitación del personal, aspectos que pueden afectar la calidad de los análisis forenses[3,16].

El acceso oportuno a los servicios y recursos especializados constituye un aspecto relevante para el adecuado manejo de las evidencias biológicas, especialmente cuando las muestras requieren condiciones específicas de conservación y traslado para preservar su integridad[10]. Asimismo, el cumplimiento de la cadena de custodia y la coordinación entre las instituciones que intervienen en el proceso forense son elementos necesarios para mantener la trazabilidad y evitar alteraciones, contaminación o pérdida de las evidencias. En el contexto de la provincia de Chimborazo, estos aspectos pueden considerarse áreas de atención para el fortalecimiento de los procesos relacionados con el manejo y análisis de evidencias biológicas en la investigación de delitos sexuales.

Fluidos biológicos en biología forense

El análisis de fluidos biológicos constituye un conjunto de métodos y procedimientos fundamentales dentro de la biología forense. En la mayoría de los casos relacionados con delitos sexuales, se aíslan tipos de muestras como sangre, semen, saliva, fluido vaginal, orina y sudor, las cuales requieren una adecuada identificación y análisis[17] . Estos fluidos son

comúnmente examinados mediante pruebas inmunocromatográficas, que permiten detectar de forma rápida y específica los marcadores propios de cada tipo de evidencia[18,19].

Tipos de fluidos biológicos de interés forense

Sangre

La sangre es un tejido conectivo líquido del cuerpo humano que cumple funciones esenciales, entre ellas el transporte de oxígeno, hormonas y nutrientes, la temperatura corporal, la eliminación de desechos, así como la participación en el sistema inmunológico y en los procesos de coagulación. Cuando este fluido se encuentra fuera del organismo y pasa a un estado seco, por ejemplo, al impregnarse en prendas, superficies o distintos objetos, adquiere una coloración pardo-rojiza, producto de procesos de oxidación de sus componentes[20].

Es considerada una de las evidencias más importantes dentro de una investigación forense, debido a los componentes característicos de la sangre como glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas y diversas proteínas plasmáticas es posible determinar si una muestra corresponde a sangre humana. Este estudio es fundamental, ya que en escenas forenses pueden presentarse inconsistencias o confusiones con sangre de origen animal o con sustancias que experimentan procesos de oxidación y que pueden asemejarse visualmente a fluidos biológicos, generando interpretaciones erróneas[21].

Dentro de las pruebas específicas para la identificación de sangre humana se destacan las pruebas serológicas, las cuales se basan en la reacción antígeno-anticuerpo. Estos métodos se caracterizan por ser rápidos y altamente específicos, ya que permiten detectar la hemoglobina de origen humano, facilitando así la diferenciación frente a sangre de otras especies. Por otra parte, se encuentran las pruebas confirmatorias como la prueba de Takayama, la cual confirma la presencia de sangre incluso en muestras antiguas o degradadas[1].

Semen

El semen constituye el eyaculado masculino y está compuesto por espermatozoides junto con las secreciones producidas por las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales. El proceso de formación de los espermatozoides inicia en la pubertad, a partir de células germinales, mediante la espermatogénesis, que ocurre en los túbulos seminíferos de los testículos[22,23].

El tiempo estimado para el desarrollo y maduración de los espermatozoides varía aproximadamente entre 42 y 76 días. Un espermatozoide maduro se caracteriza por presentar tres partes principales: cabeza, pieza intermedia y cola, estructuras que le permiten desempeñar su función reproductiva[22].

Entre los marcadores que se utilizan con mayor frecuencia se encuentran la fosfatasa ácida prostática (PAP) y el antígeno prostático específico (PSA o p30), los cuales son producidos en altas concentraciones por la próstata. La presencia de estas sustancias permite confirmar el semen incluso cuando no es posible observar espermatozoides al microscopio, como sucede en casos de azoospermia o cuando la muestra se encuentra deteriorada, dentro del análisis microscópico, la tinción Christmas Tree permite evidenciar las estructuras del espermatozoide[3].

Saliva

La saliva es un fluido viscoso que se encuentra en la cavidad oral y es secretada por las glándulas salivales mayores y menores, cumple funciones relacionadas con la degradación de los alimentos, formación del bolo alimenticio, reparación del tejido bucal. Este fluido está compuesto por enzimas como la amilasa salival que contribuyen a la descomposición de los carbohidratos[24,25].

Flujo vaginal

Es una secreción natural compuesta de líquido y células producidas por la vagina y el cuello uterino, es de aspecto transparente y elástico durante la ovulación, y cuando no, es blanco cremoso o espeso, tiene altos niveles de estrógeno en la ovulación, fase lútea, pubertad y embarazo[26]. Es considerada una evidencia biológica en el ámbito forense en la investigación de delitos sexuales para la vinculación del sospechoso con la víctima a través de técnicas de laboratorio.

A diferencia de los demás fluidos este tipo de evidencias biológicas no poseen proteínas características para su identificación lo que dificulta encontrar su presencia, por lo que se aplica la técnica de coloración de Papanicolau y la tinción con Lugol, pero tiene ciertas limitaciones debido a que las células de la cavidad oral también pueden presentarse con características similares por lo que su evaluación debe ser minuciosa para evitar interpretaciones erróneas[27].

Orina

Es un fluido biológico que corresponde al filtrado del plasma, los riñones filtran 180 L/día de plasma aproximadamente que se almacena en la vejiga antes de ser expulsada, está constituido por 95 % de agua y 5 % de solutos, se produce en los riñones y es eliminada a través de la uretra, es esencial para el equilibrio de líquidos y desecho del cuerpo[28]. Dentro de la biología forense es importante para identificar a la víctima y al victimario además de establecer la presencia de drogas mediante su análisis.

En comparación con otros fluidos biológicos de interés forense, la orina dispone de un número más limitado de pruebas específicas para su confirmación, lo que dificulta su

identificación concluyente por lo que se utiliza la prueba inmunocromatográfica para Tamm-Horsfall que es la detección de una proteína exclusiva del riñón humano y tiene mayor especificidad[28].

Persistencia y degradación de fluidos

Efecto del clima andino de Chimborazo

Cuando las muestras biológicas salen del cuerpo, pierden las condiciones que las mantenían estables y quedan expuestas a diversos factores externos. Cambios de temperatura, humedad, acción de microorganismos o incluso contacto con sustancias químicas pueden acelerar su descomposición, y eso con frecuencia termina impidiendo que se pueda recuperar material genético en buen estado. Como resultado, los perfiles de ADN suelen salir incompletos o, en los casos más graves, en determinados casos se logra obtener información útil[29].

En la provincia de Chimborazo, esta dinámica se vuelve compleja debido a su marcada temperatura climática, la cual condiciona de forma diferenciada la persistencia de las evidencias. En áreas de baja altitud, como el cantón Cumandá, la prevalencia de un clima tropical con temperaturas estables y alta humedad propicia un ambiente donde la descomposición se acelera notablemente[30].

Por el contrario, en la franja interandina donde se asientan Riobamba, Guano y Colta, el clima templado semihúmedo ecuatorial introduce otras variables; con registros de entre 12 °C y 22 °C y precipitaciones que superan los 600 mm, la humedad favorece una proliferación microbiana que compromete la estabilidad de la muestra. Finalmente, en zonas más elevadas y secas, como Guamote y Alausí, el clima semiárido suele actuar como un preservante natural al ralentizar la descomposición por falta de agua. No obstante, en estas altitudes, la intensa radiación ultravioleta se convierte en el principal agente erosivo para el material biológico[30,31].

Importancia de la recolección temprana

La recolección de indicios biológicos forenses requiere estrictas medidas de protección contra la contaminación, mediante el uso adecuado de equipos de bioseguridad. Estas muestras deben recolectarse prioritariamente, permitiendo que las evidencias húmedas se sequen a temperatura ambiente antes de su embalaje. Asimismo, cada indicio debe conservarse por separado en recipientes de papel o cartón, evitando el uso de plástico debido al riesgo de humedad y degradación. En el caso de muestras líquidas o tejidos biológicos, se recomienda su refrigeración para preservar la integridad del material genético y garantizar la adecuada cadena de custodia durante todo el proceso forense[1,30].

Es indispensable que los indicios biológicos se recojan y se envíen al laboratorio lo antes posible, cuidando que se mantengan en condiciones que impidan que se dañen. La confianza en los análisis que vienen después depende bastante de que estos pasos iniciales se hagan con esmero y exactitud. Por eso, hay que hacer bien cada parte del proceso: tomar la muestra, embalarla, etiquetarla y trasladarla. Si alguna de estas etapas no se ejecuta como debe ser, la calidad del material biológico puede verse afectada, y eso terminaría repercutiendo en los resultados de la investigación[30,32].

Técnicas de identificación de fluidos biológicos

Los procedimientos descritos en este apartado corresponden a metodologías reportadas en las fuentes científicas y documentales revisadas y se presentan con fines descriptivos y comparativos. Estos procedimientos no fueron ejecutados experimentalmente durante la presente investigación.

Sangre

- **Prueba inmunocromatográfica para la identificación forense de sangre**

El estudio de fluidos biológicos en un delito sexual constituye un elemento relevante para la orientación en una investigación forense, siendo la identificación de tejido hemático uno de los hallazgos con más relevancia. Su fundamento se basa en la detección cualitativa de sangre humana mediante la técnica inmunocromatográfica, la cual tiene una especificidad de reacción antígeno-anticuerpo para garantizar una alta sensibilidad en el diagnóstico[33,34]. Al aplicarse esta técnica es posible confirmar de manera rápida que la muestra es de origen humano. De este modo, no solo se optimiza el procesamiento de los indicios en el laboratorio, sino que también se incrementa la confiabilidad de la evidencia biológica al confirmar el origen humano de la muestra, proporcionando un sustento científico para las posteriores pruebas de ADN y para su valoración dentro del proceso judicial[33,34].

Para la ejecución efectiva de esta prueba, la selección y el correcto levantamiento de los indicios materiales resultan determinantes en el éxito del análisis molecular posterior. El protocolo analítico se aplica con rigurosidad sobre frotis obtenidos a partir de hisopados de máculas sospechosas, así como en restos hemáticos fijados sobre soportes sólidos, clasificados en objetos transportables y no transportables. La versatilidad de la técnica inmunocromatográfica permite procesar eficientemente estas diversas matrices biológicas, a menudo expuestas a condiciones adversas en el entorno del hallazgo[33,34].

Procedimiento

1. Cortar 5x5 mm de la prenda con la muestra.

2. Introducir por 5 minutos en el volumen completo del buffer en el tubo de extracción del kit. Verificar que este bien cerrado y homogeneizar el contenido del tubo por 10 segundos sin formar burbujas.
3. Utilizar el extracto obtenido como muestra para la prueba.
4. Abrir el empaque del dispositivo de prueba
5. Rotular con el número de caso correspondiente
6. Adicionar de 4 – 5 gotas la muestra en el pocillo (S) de la tarjeta.
7. Leer los resultados a los 10 minutos[33].

Interpretación

- **Positivo:** Dos líneas (C + T): presencia de sangre humana. (Anexo 5).
- **Positivo (trazas):** Dos líneas (C + T tenue)**:** presencia de pequeñas cantidades de sangre humana.
- **Negativo:** Una línea (C): no se detecta sangre humana.
- **Resultado inválido:** Ausencia de línea C: repetir la prueba[33].

Limitaciones

- Todas las muestras deben ser extraídas de manera adecuada aún más cuando son muestras viejas.
- Su uso es exclusivamente para la identificación forense
- Por su elevada sensibilidad puede identificar trazas de hemoglobina en diferentes fluidos biológicos.
- Para un resultado óptimo se debe seguir al pie de la letra las instrucciones[33].



- **Prueba de Takayama**

Como punto de partida en el análisis de los métodos de identificación, el Test de Takayama destaca para la confirmación de tejido hemático, manteniendo su eficacia diagnóstica incluso ante escenarios de alteración de la escena. Los estudios demuestran que este reactivo no pierde efectividad para encontrar rastros de sangre a pesar de que antes se hayan usado productos químicos. Esa resistencia hace que la prueba sea muy útil en la práctica[35].

Reactivo

- Dextrosa anhídrida 10%
- Hidróxido de sodio 10%
- Piridina 99.5%
- Solución salina 0.85%

Cuando estos reactivos se combinan y entran en contacto con la sangre, reaccionan directamente con la hemoglobina al aplicarles un poco de calor, lo que produce la formación de cristales de hemocromógeno. Al observar la muestra bajo el microscopio, estos cristales se pueden identificar claramente por su color rosado y sus formas características de aguja o rombo. Debido a esta reacción visual tan específica, la prueba de Takayama sigue siendo muy efectiva para analizar manchas de sangre, demostrando que hoy en día es una herramienta clave para el trabajo del analista forense[36,37].

Procedimiento

1. Colocar una pequeña porción de la muestra en un portaobjetos. (Si la mancha está seca, hidratar con una gota de agua destilada).
2. Agregar 1 gota del reactivo de Takayama directamente sobre la muestra.
3. Colocar un cubreobjetos
4. Aplicar calor sobre la placa con la muestra.
5. Dejar actuar de 1-5 minutos.
6. Visualizar al microscopio[38].

Interpretación

- **Positivo:** presencia de cristales rosados, rojizos o color salmón.
- **Negativo:** ausencia de cristales

Limitaciones

- La prueba confirma la presencia de sangre al detectar hemoglobina, pero no identifica el origen de la muestra.

- Puede ocurrir falsos negativos cuando la muestra ha sido expuesta a altas temperaturas o ha sido sometida a ambientes muy ácidos o alcalinos que ocasionen la desnaturalización de la hemoglobina.
- No permite la cuantificación y concentración de sangre solo indica la presencia[38].



Figura 2. Identificación de sangre por la prueba de Takayama.

Fuente: Castillo N y Cortes J (2019)[37]. Recuperado de: https://www.redalyc.org/journal/849/84959429014/html/

En el análisis forense de manchas hemáticas se emplean pruebas orientadas a su detección e identificación, entre ellas el luminol y la Leucomalachite Green (LMG), que permiten evidenciar rastros de sangre incluso cuando estos presentan condiciones que dificultan su observación directa. Nakanishi et al. (2020)[39] evaluaron manchas de sangre humana presentes en prendas de vestir mediante pruebas químicas preliminares, incluyendo luminol y LMG, complementadas con procedimientos de identificación de sangre humana y análisis genético mediante extracción de ADN y tipificación STR. Sus resultados evidenciaron que estas estrategias pueden contribuir a la detección y caracterización de manchas hemáticas, además de favorecer la obtención de información genética útil para la investigación forense.

Semen

La identificación del semen constituye uno de los procedimientos más relevantes en la investigación de delitos sexuales, debido a que permite establecer la presencia de evidencia biológica asociada al agresor. Para ello, se emplean pruebas presuntivas, como la detección de fosfatasa ácida, seguidas de pruebas confirmatorias, entre ellas el ensayo inmunocromatográfico RSID™-Semen, el cual presenta alta sensibilidad y especificidad para identificar semen humano. Posteriormente, las muestras pueden ser utilizadas para la obtención de perfiles genéticos mediante análisis de ADN, fortaleciendo el valor probatorio de la evidencia[40].

El procedimiento de la tinción Christmas Tree descrito a continuación corresponde al protocolo reportado por Cabezas Arévalo y Chango Gadvay (2023)[41] y se presenta con fines descriptivos, ya que no fue ejecutado experimentalmente en la presente investigación.

- **Christmas Tree**

Es considerado el Gold estándar dentro de las técnicas de confirmación en la identificación de espermatozoides, esta metodología se fundamenta en la visualización directa de espermatozoides mediante microscopía óptica. Para optimizar la observación, se emplea principalmente la técnica de tinción conocida como "árbol de navidad" (*Christmas Tree*)[41]. Debido a la alta concentración de ADN compactado que se encuentra en la cabeza de estas células, se vuelve necesario aplicar una tinción específica para teñirlas, logrando así que las estructuras espermáticas contrasten fuertemente y sean claramente visibles bajo el microscopio[41].

Reactivos

- Solución Kernechtrot (Rojo Rápido Nuclear)
- Pícrico índigo carmín
- Etanol al 95%
- Agua destilada

Procedimiento

1. Realizar un frotis en una placa portaobjetos previamente rotulada.
2. Fijar el frotis.
3. Colocar la solución Kernechtrot (rojo nuclear) y dejar durante 20 min sobre la muestra fijada (Anexo 2).
4. Lavar con agua destilada.
5. Colocar la solución pícrico índigo carmín y dejar actuar 15 segundos.
6. Aclarar el frotis con etanol al 95%.
7. Dejar secar y montar la placa con permont.
8. Observar el lente en 40x[41].

Interpretación

- **Positivo:** se observa el acrosoma del espermatozoide que se tiñe de rosa pálido, el núcleo de la cabeza de rojo intenso y el flagelo de color verde (Anexo 4)



Figura 3. Estructuras espermáticas con tinción Christmas Tree.

Fuente: Fotografía propia

Limitaciones

Debido a su elevada efectividad, esta prueba es aceptada dentro del sistema de justicia para el avance de las ciencias forenses en el país. La desventaja que tiene se debe, principalmente, a que los reactivos especializados que se necesitan son más costosos y complejos de adquirir o manejar en los laboratorios cotidianos[41].

En los últimos años, el desarrollo de tecnologías instrumentales ha permitido complementar las pruebas convencionales para la identificación de fluidos biológicos. La espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (ATR-FTIR), una técnica no destructiva que permite diferenciar manchas de semen y fluido vaginal depositadas sobre distintos tipos de tejidos sin emplear reactivos químicos. Esta metodología reduce el daño sobre la evidencia biológica y representa una alternativa prometedora para optimizar el análisis forense en investigaciones de delitos sexuales[42].

En la fase inicial del estudio, las muestras mixtas fueron examinadas bajo luz ultravioleta (UV) con el propósito de visualizar la distribución de los fluidos biológicos presentes sobre distintos tejidos. Esta observación permitió identificar las áreas de interés para su posterior evaluación mediante espectroscopia ATR-FTIR[42].

- ## Antígeno prostático específico - P30

El antígeno prostático específico o proteína P30, es una glicoproteína producida y secretada por el epitelio de la próstata de forma exclusiva en el hombre, liberándose altas cantidades junto con el líquido seminal. En el ámbito pericial de los delitos sexuales, se convierte en uno de los biomarcadores más específicos y útiles para la investigación forense.

De hecho, su análisis tiene una mayor viabilidad práctica que los métodos tradicionales de visualización microscópica de espermatozoides, los cuales suelen dar falsos negativos en situaciones complejas, como muestras obtenidas de agresores con vasectomía o con problemas de oligospermia[43,44].

El procedimiento descrito a continuación corresponde al protocolo documentado por el Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses para la obtención y análisis de proteína P30 en muestras recolectadas de soportes sólidos. Se presenta con fines descriptivos, ya que no fue ejecutado experimentalmente durante la presente investigación.

Procedimiento

1. Colocar 750ul de buffer de extracción en un tubo eppendorff previamente rotulado
2. Realizar un corte aproximado de 5 x 5 mm de la prenda con la muestra y colocar en el tubo eppendorff. (Anexo 1)
3. Centrifugar durante 5 minutos a 4 500 rpm o someter a vórtex durante 5 minutos.
4. Refrigerar por un tiempo mínimo de 2 horas.
5. Retirar el tubo de refrigeración y mantenerlo a temperatura ambiente de 3 a 5 minutos
6. Centrifugar durante 3 minutos a 3 600 rpm.
7. Abrir el empaque y colocar el dispositivo de prueba junto con el gotero.
8. Etiquetar el dispositivo con el número de caso analizando.
9. Colocar de 6 -7 gotas de la muestra al pocillo “S” del dispositivo.
10. Leer los resultados a los 10 minutos[34].

Interpretación

- **Positivo:** Si existen dos líneas (C + T): indica que los niveles de p30 están sobre 4 ng/ml.
- **Negativo:** Una línea (C) indicar que P30 no está presente sobre 4 ng/ml o presencia de efecto prozona[45].

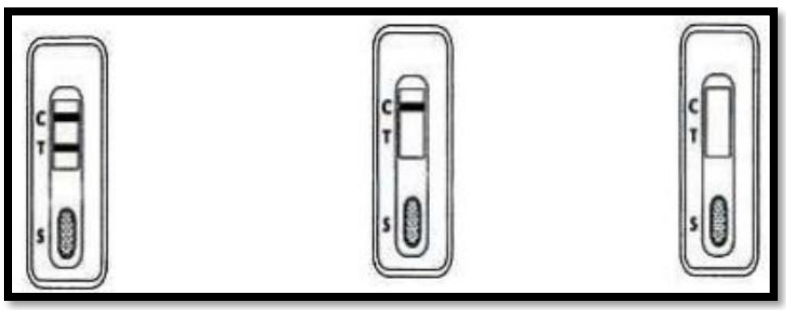


Figura 4. Resultado de prueba de antígeno prostático específico (P30). Positivo, Negativo e Inválido.
Fuente: Cáceres V et al. (2024)[45]. Recuperado de:https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/AnatomiaDigital/article/download/3051/8031/



Figura 5. Prueba positiva para el antígeno prostático específico (P30).
Fuente: Fotografía propia

La identificación microscópica de espermatozoides continúa siendo uno de los procedimientos confirmatorios más utilizados en el análisis de muestras provenientes de delitos sexuales. Para ello se emplean diferentes técnicas de tinción, entre ellas Diff-Quick, Gram, Papanicolaou y Christmas Tree, las cuales facilitan la visualización de las estructuras espermáticas. Asimismo, los métodos inmunológicos, como la detección de la proteína prostática específica (P30), complementan el diagnóstico cuando la observación de espermatozoides resulta limitada o inexistente, incrementando la confiabilidad del análisis forense[46].

Saliva

- ## Actividad de amilasa

Para recolectar este tipo de indicio biológico, el protocolo establece el uso de un hisopo estéril previamente humedecido con una mínima cantidad de agua destilada. Con este instrumento, se procede a realizar un barrido en forma de círculos sobre la huella dejada por las piezas dentales, asegurando también el levantamiento de toda la superficie interna que queda delimitada por la mordedura para recuperar la mayor cantidad de muestra posible[34]. El procedimiento para la detección de actividad de amilasa en muestras de interés forense descrito en la literatura contempla las siguientes etapas:

Procedimiento

1. Colocar aproximadamente 5 x 5 mm del corte de alguna prenda o la mitad de un hisopo dentro de un tubo eppendorff.
2. Pipetear de 30 – 50 uL de agua desionizada en el tubo
3. Incubar durante 30 minutos a 37 °C
4. Poner los viales a temperatura ambiente.
5. Colocar 8 uL de la muestra al vial.

6. Mezclar suavemente
7. Leer los resultados a los 10 minutos[34].

Interpretación

- **Positivo:** se observa una coloración amarilla.
- **Negativo:** no se observa la coloración amarilla [34].

Limitaciones

- Un falso negativo significa que la muestra está por debajo del límite de detección de la prueba.

Orina

- **Determinación de orina (Uritrace)**

El procesamiento de máculas de orina localizadas sobre diversas superficies del entorno, tales como prendas de vestir, alfombras, suelos o vegetación, se inicia con su procesamiento en la escena del delito para su posterior remisión al laboratorio forense. La detección de estos vestigios o de residuos de orina deshidratada en el lugar donde ocurrió el fallecimiento puede aportar información para la investigación y contribuir a la reconstrucción de la dinámica de los hechos[34.]

Es una prueba presuntiva forense utilizada en la escena del crimen para detectar la presencia de orina. Su fundamento principal se basa en la detección colorimétrica de creatinina, un compuesto orgánico de desecho que se excreta de forma abundante y constante a través de la orina. La prueba utiliza reactivos que reaccionan específicamente con la creatinina mediante una modificación de la reacción de Jaffé[34].



Figura 6. Tubo de eppendorff para determinación de orina

Fuente: Fotografía propia.

Procedimiento

1. Recortar 5 x 5 mm de la prenda con la muestra.
2. Colocar la muestra en un tubo eppendorff y agregar 200 uL de agua destilada
3. Centrifugar 4 minutos a 5000 rpm.
4. Agregar la muestra al casete en el pocillo “2” y agua destilada en el pocillo “1”. Este procedimiento debe realizarse al mismo tiempo.
5. Leer los resultados a los 10 minutos.

Interpretación

- **Positivo:** la ventana correspondiente al control con agua destilada debe presentarse de color amarillo y la ventana correspondiente a la muestra debe presentarse de color naranja lo que indica la presencia de creatinina.

Limitaciones

- Puede generar falsos positivos debido a que creatinina no es exclusiva de la orina.
- Tiene una baja sensibilidad en muestras degradadas.
- No identifica que la muestra sea de origen humano.

Flujo Vaginal

El análisis de expresión génica mediante RT-qPCR permite detectar ARN mensajero en muestras biológicas, y es una de las estrategias que se usan para identificar fluidos corporales en el ámbito forense. Esta técnica ha sido ampliamente descrita en la literatura como una herramienta útil para diferenciar distintos fluidos biológicos a partir de sus perfiles de expresión génica[27].

Se han encontrado marcadores como MUC4, MUC5B y otros genes que son propios del epitelio vaginal, y que sirven para diferenciar este fluido de otros en las pruebas forenses. Pero eso solo funciona si el ARN se mantiene en buen estado, debido a su elevada susceptibilidad a la degradación y se deteriora rápido[27].

Por otro lado, el estudio del microbioma vaginal a través de la secuenciación del gen 16S rRNA está surgiendo como una opción nueva en el campo forense. Lo que hace esta técnica es identificar las bacterias que viven en la vagina, que suelen ser mayoritariamente del género Lactobacillus, y con eso se obtiene un perfil microbiano que apunta a ese origen. Eso sí, ese perfil puede cambiar por factores como el uso de antibióticos, infecciones o incluso si la muestra se contamina[27].

En el espacio anterior, esta consideración resulta relevante debido a que la selección de marcadores moleculares debe responder a las características específicas del fluido biológico y al propósito del análisis. Por ello, el uso de técnicas basadas en expresión

genética o metilación del ADN requiere una adecuada selección y validación de los marcadores para garantizar resultados confiables[27]. En conjunto, estas técnicas son enfoques moleculares actuales que se emplean como apoyo para identificar de forma indirecta el flujo vaginal en el análisis de evidencias biológicas en investigaciones forenses[47].

Manejo, recolección y conservación de muestras biológicas

Cadena de custodia

Constituye un procedimiento técnico, científico y legal que garantiza la conservación de la integridad de los indicios y evidencias. Este proceso permite registrar de manera continua cada etapa del manejo de los indicios, desde su recolección en la escena de los hechos hasta su entrega a la autoridad competente. En investigaciones relacionadas con delitos sexuales, la cadena de custodia adquiere especial importancia debido a que la evidencia biológica, como semen, sangre, saliva y flujo vaginal, puede degradarse o contaminarse fácilmente, comprometiendo la obtención de perfiles genéticos útiles para identificación forense[48].

Para que los análisis de ADN den resultados confiables y las pruebas periciales tengan validez en el ámbito judicial, es fundamental que la evidencia biológica se preserve adecuadamente. Estos procedimientos buscan evitar alteraciones que puedan afectar la interpretación científica o la admisibilidad de la evidencia en el proceso judicial[49].

En el análisis forense de fluidos biológicos aplicado a delitos sexuales la cadena de custodia es un elemento fundamental para garantizar que las muestras obtenidas correspondan realmente a la víctima, al sospechoso o a la escena investigada. La correcta conservación del semen, orina, sangre, saliva y los fluidos vaginales permite realizar estudios genéticos confiables orientados a la identificación del agresor y al esclarecimiento de los hechos. Por esta razón cualquier error en la manipulación el almacenamiento o el transporte puede comprometer la validez científica y jurídica de la evidencia biológica[50].

En Ecuador, la cadena de custodia se encuentra regulada por el Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, la Fiscalía General del Estado y la Policía Nacional del Ecuador, instituciones responsables del manejo técnico y legal de las evidencias obtenidas durante investigaciones criminales. El Código Orgánico Integral Penal (COIP) establece que toda evidencia debe preservarse adecuadamente para garantizar su autenticidad y valor probatorio dentro del proceso judicial[51].

Asimismo, representa un mecanismo de control que permite demostrar que la muestra analizada corresponde realmente al indicio recolectado en la escena del crimen y que no ha sufrido modificaciones durante el proceso investigativo. Por esta razón, cualquier ruptura o irregularidad en la cadena de custodia puede ocasionar cuestionamientos sobre la autenticidad de la evidencia e incluso provocar su exclusión judicial[48].

Procedimientos estandarizados

Los procedimientos estandarizados de cadena de custodia tienen como finalidad asegurar la conservación adecuada de las evidencias y minimizar riesgos de contaminación, degradación o pérdida. Estos protocolos incluyen etapas específicas relacionadas con la recolección, empaque, etiquetado, sellado, almacenamiento y transporte de las muestras biológicas[51].

La recolección de evidencia biológica debe realizarse mediante técnicas asépticas y utilizando equipo de protección personal como guantes, mascarillas, batas y material estéril. En casos de delitos sexuales, el American College of Obstetricians and Gynecologists[48] recomienda que las víctimas eviten bañarse, cambiarse de ropa, orinar, fumar o realizar higiene corporal antes del examen médico-forense, debido a que estas acciones pueden eliminar o alterar evidencia biológica importante como semen, saliva o fluidos vaginales.

El análisis de ADN forense comprende una secuencia de etapas que inician con la recepción y evaluación de la evidencia, seguida de la selección de muestras y los procedimientos de extracción, cuantificación, amplificación y genotipificación, para posteriormente realizar la interpretación y comparación de los perfiles genéticos y la elaboración del informe[52].

- ### Registro y etiquetado

  La documentación adecuada permite conocer todas las personas que manipularon la evidencia, los momentos de transferencia y el propósito de cada procedimiento realizado. La ausencia de registros completos puede comprometer la autenticidad y validez judicial de las muestras analizadas[50].

  El Reglamento del Sistema Especializado Integral de Investigación, Medicina Legal y Ciencias Forenses del Ecuador también establece la necesidad de emitir reportes documentados ante accidentes o incidentes relacionados con exposición a fluidos biológicos, indicando que los eventos deben registrarse dentro de las primeras 24 horas y mantenerse debidamente documentados[53]. Estas disposiciones evidencian la importancia del registro continuo dentro de los procedimientos forenses y de bioseguridad.

- ### Embalaje y almacenamiento

  El embalaje adecuado de evidencias biológicas es fundamental para prevenir contaminación, degradación del ADN y pérdida de material biológico. Cada muestra debe almacenarse individualmente en recipientes apropiados según el tipo de evidencia recolectada[53].

  El reglamento ecuatoriano establece la existencia de áreas específicas para almacenamiento primario, intermedio y final de residuos biológicos generados en

laboratorios forenses[53]. Además, dispone que la temperatura de almacenamiento de desechos biológicos no debe superar los 4 °C para prevenir procesos de degradación microbiológica que puedan afectar la estabilidad de las muestras[53].

Asimismo, se exige la implementación de planes de contingencia para enfrentar derrames, ruptura de bolsas plásticas y fallas en sistemas de esterilización, garantizando medidas correctivas inmediatas ante eventos que puedan comprometer la seguridad biológica[53].

- **Transporte de evidencias**

El transporte de evidencias biológicas constituye una fase crítica dentro de la cadena de custodia debido a que durante el traslado pueden producirse alteraciones físicas, contaminación o degradación de las muestras recolectadas[53]. Por esta razón, el transporte debe realizarse bajo condiciones controladas y únicamente por personal autorizado.

El Reglamento del Sistema Especializado Integral de Investigación, Medicina Legal y Ciencias Forenses del Ecuador señala que los contenedores con residuos y material biológico deben trasladarse preferentemente mediante carros destinados específicamente para dicho procedimiento, evitando arrastrar las bolsas y estableciendo circuitos de circulación que reduzcan riesgos de contaminación[53].

En investigaciones de delitos sexuales, la rapidez del transporte resulta fundamental debido a que el ADN presente en fluidos biológicos puede degradarse progresivamente por efecto de humedad, temperatura y actividad microbiana. En provincias andinas como Chimborazo, las dificultades geográficas y las distancias entre comunidades rurales y laboratorios especializados pueden representar desafíos adicionales para la conservación adecuada de las muestras biológicas recolectadas en escenas del crimen[45].

La recolección y el manejo adecuado de las evidencias biológicas constituyen etapas fundamentales para preservar su integridad y garantizar su utilidad durante el análisis forense. En los casos de delitos sexuales, la evidencia puede incluir diferentes fluidos y materiales biológicos, cuya recuperación requiere procedimientos adecuados de recolección, secado, rotulado, embalaje y conservación[50,51]. (Anexo 6)



Figura 7. Transporte de evidencias.

Fuente: Ministerio de Gobierno (2019)[54]. Recuperado de: https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/policia-nacional-investiga-hallazgo-de-osamentas-en-las-orillas-del-rio-paute/

Documentación y transporte de evidencia

La documentación adecuada constituye uno de los pilares fundamentales de la cadena de custodia. Ingemann-Hansen y Charles señalan que el examen forense en víctimas de violencia sexual debe incluir historia médica y del asalto, examen físico completo, documentación fotográfica de lesiones y registro detallado de la cadena de custodia[50]. Esta información permite garantizar la trazabilidad continua de cada muestra biológica recolectada.

El registro documental debe incluir todas las personas que manipulan la evidencia, fechas, horarios, lugares de transferencia y propósito de cada procedimiento realizado. La ausencia de esta información puede generar dudas sobre la autenticidad y conservación adecuada de las muestras[51].

En Ecuador, la Fiscalía General del Estado utiliza formularios específicos de cadena de custodia que permiten documentar la transferencia continua de evidencias entre policías, peritos, laboratorios y autoridades judiciales. Estos registros constituyen elementos fundamentales para asegurar la validez legal de la prueba pericial[51].

En relación con el transporte, el Departamento de Justicia de Estados Unidos recomienda minimizar el tiempo entre la recolección y el almacenamiento definitivo de las muestras biológicas para reducir riesgos de deterioro[48]. Asimismo, las evidencias deben transportarse únicamente por personal autorizado y bajo condiciones apropiadas de conservación.

En provincias como Chimborazo, el transporte de evidencia biológica puede representar un desafío adicional debido a la distancia entre comunidades rurales y laboratorios especializados. Estas dificultades pueden aumentar el riesgo de degradación de muestras biológicas cuando no existen condiciones adecuadas de refrigeración y conservación durante el traslado. El clima andino, las variaciones de temperatura y las limitaciones logísticas pueden influir directamente en la estabilidad del ADN presente en los fluidos biológicos recolectados[45].

El almacenamiento debe realizarse en laboratorios forenses o instalaciones seguras que permitan mantener temperatura, humedad y condiciones ambientales adecuadas para preservar la estabilidad del ADN y otros componentes biológicos relevantes[45,55].

Errores comunes en cadena de custodia

Aunque existen protocolos establecidos, varias investigaciones han señalado que todavía se cometen errores con frecuencia al manejar la evidencia biológica. Estos fallos pueden poner en riesgo tanto la validez científica como legal de los análisis forenses[48].

Uno de los problemas más serios en una investigación criminal es cuando se rompe la cadena de custodia. Que no quede registro de quién tuvo la muestra, que acceda personal sin autorización o que se pierdan los documentos puede hacer que se ponga en duda si las pruebas analizadas son realmente las originales[48].

Otro problema frecuente es la contaminación de las evidencias biológicas. Fonneløp et al.[56] identificaron múltiples casos de contaminación policial y transferencia secundaria de ADN durante investigaciones criminales, demostrando que el ADN presente en superficies o materiales de empaque puede transferirse accidentalmente a las muestras analizadas.

Asimismo, Pickrahn et al.[57] documentaron 347 casos de contaminación en Austria en un período de 17 años, evidenciando que incluso los procedimientos rutinarios dentro de los laboratorios forenses pueden introducir ADN extraño en las muestras analizadas. Estas contaminaciones pueden generar perfiles genéticos erróneos, afectar la interpretación de los resultados y conducir a conclusiones forenses equivocadas.

En la literatura revisada se describen limitaciones relacionadas con infraestructura, disponibilidad de materiales y capacitación especializada, aspectos que pueden dificultar el manejo adecuado de las evidencias biológicas[58].

Además, el almacenamiento inadecuado constituye otro problema relevante. Dash y Das señalan que la humedad, temperaturas elevadas y crecimiento microbiano favorecen la degradación del ADN y afectan la calidad de los perfiles genéticos obtenidos en laboratorio[59]. En regiones andinas como Chimborazo, las variaciones climáticas y dificultades logísticas pueden influir directamente en la conservación adecuada de fluidos biológicos recolectados en escenas del crimen[45].

Recolección de muestras biológicas en escenas del crimen

La obtención de evidencias biológicas debe realizarse mediante procedimientos estandarizados orientados a evitar contaminación, degradación o pérdida de material genético. Para ello, es indispensable utilizar equipo de protección personal, instrumentos estériles y embalajes individuales para cada muestra recolectada. El Reglamento del Sistema Especializado Integral de Investigación, Medicina Legal y Ciencias Forenses del Ecuador establece medidas de bioseguridad relacionadas con manipulación de fluidos corporales, eliminación de desechos contaminados y control de exposición biológica dentro de laboratorios y procedimientos forenses[53].

Delitos sexuales

La toma de muestras biológicas se realiza en diferentes escenarios de investigación forense, siguiendo el instructivo establecido por las autoridades competentes. Cuando existen indicios de que un hecho pudo haber sido provocado, las muestras y vestigios biológicos son recolectados directamente en la escena del suceso o en unidades del sistema de salud por personal policial o civil perteneciente al Sistema Especializado Integral de Investigación, Medicina Legal y Ciencias Forenses. Asimismo, en el área de depósito de cadáveres o morgue, las muestras de cadáveres o restos humanos son recolectadas por personal del Departamento de Medicina Legal o del Laboratorio Forense[33].

Para la toma y preservación de muestras biológicas se utilizan diversos materiales y reactivos que garantizan la correcta recolección y conservación de los indicios. Entre ellos se encuentran guantes, mascarillas, tubos con y sin anticoagulante (EDTA y tapa roja), jeringuillas de 10 c/c, papel FTA, hisopos estériles, microtubos tipo Eppendorf, gradillas plásticas, solución salina estéril, equipo de disección y sobres de papel. Además, se emplean materiales complementarios como marcadores de tinta indeleble, parafilm y sellos de seguridad[33].

- ### Manchas de sangre

  Cuando las manchas de sangre se encuentran sobre superficies no transportables, el procedimiento consiste en humedecer un hisopo estéril con solución salina o agua estéril y colocarlo sobre la mancha hemática hasta impregnarlo completamente. Posteriormente, el hisopo debe secarse en un sitio limpio y aislado para evitar contaminación. Una vez seco, se embala individualmente, se rotula con los datos correspondientes y se conserva a temperatura ambiente hasta su envío al laboratorio[33].

- ### Manchas de sangre sobre superficies lisas

  En superficies lisas como pisos, paredes o muebles, si la mancha está seca y puede rasparse, se utiliza una hoja de bisturí estéril para cada muestra. El raspado

obtenido se deposita en sobres de papel o microtubos tipo Eppendorf, los cuales deben sellarse adecuadamente siguiendo las normas de cadena de custodia[33].

- **Sangre líquida**

La sangre líquida puede impregnarse directamente sobre papel FTA, dejándola secar antes de su embalaje. También puede aspirarse mediante jeringuilla y colocarse en tubos con anticoagulante EDTA o en tubos de tapa roja para su posterior análisis[33].

- **Objetos transportables con sangre**

Los objetos transportables impregnados con sangre, como prendas de vestir, armas o artículos personales, deben dejarse secar si se encuentran húmedos. Posteriormente, cada objeto se embala por separado en bolsas de papel etiquetadas correctamente para evitar contaminación cruzada[33].

- **Coágulos de sangre**

Los coágulos deben levantarse utilizando espátulas estériles independientes para cada muestra y colocarse en tubos estériles o microtubos Eppendorf debidamente identificados[33].

- **Muestras de saliva**

Las muestras de saliva se obtienen mediante hisopos estériles realizando movimientos rotatorios en la cavidad bucal. Posteriormente, los hisopos se dejan secar a temperatura ambiente antes de su embalaje y etiquetado. En superficies no transportables, la saliva puede recuperarse mediante hisopos humedecidos con solución salina o agua estéril[33].

- **Semen líquido**

El semen líquido se recolecta mediante hisopos estériles o pipetas de transferencia. Las muestras deben secarse, embalarse individualmente y mantenerse refrigeradas hasta su envío al laboratorio[33].

- **Manchas de semen seco**

Cuando las manchas de semen se encuentran en telas u otros materiales recortables, se recomienda cortar el fragmento que contiene la mancha y embalarlo individualmente en sobres de papel debidamente etiquetados[33].

Todas las muestras recolectadas deben embalarse individualmente, rotularse correctamente y sellarse conforme al Manual de Cadena de Custodia establecido por las autoridades competentes. Esto garantiza la integridad, autenticidad y trazabilidad de las evidencias durante todo el proceso investigativo y pericial[33].

Recogida de indicios biológicos en el cuerpo de la víctima

a) Manchas de sangre, semen u otros fluidos biológicos: se usa un hisopo estéril que se humedece con un poco de agua destilada. Se pasa con cuidado por toda la zona donde está el rastro ejerciendo una presión ligera y sin apretar demasiado. Lo ideal es que todo el proceso se haga con un solo hisopo para no desperdiciar material ni perder evidencia en el camino[60]. (Anexo 3)
b) Saliva en marcas de mordeduras: se emplea un hisopo estéril que se humedece apenas con un poco de agua destilada. Después se frota suavemente haciendo círculos sobre toda la marca del mordisco sin dejar ningún área sin cubrir y asegurándose de abarcar todo el contorno que dejaron los dientes.
c) Uñas: hay que revisar con atención las dos manos de la víctima para ver si hay fibras o cualquier otro rastro pegado. Eso se retira con pinzas o con guantes para no tocarlo directamente. Después se corta el borde libre de cada uña y se guarda para que en el laboratorio puedan analizar si quedaron restos de sangre. También conviene pasar un hisopo por debajo de las uñas para recuperar lo que pueda haber allí[53].

Delitos contra la integridad sexual y reproductiva

La elección de qué muestras biológicas recolectar no se hace al azar. Primero hay que tener en cuenta todo lo que la víctima cuenta y los antecedentes del caso. Cuando se trata de agresiones sexuales la recolección se guía directamente por lo que ella relata y a partir de ahí se deciden cuáles son las muestras que realmente hay que tomar.

En la recolección de evidencias en casos de agresión sexual, se deben realizar diferentes tomas de muestras biológicas siguiendo protocolos estrictos. En primer lugar, se efectúan dos hisopados bucales para recoger posibles restos de semen, utilizando hisopos estériles que se pasan cuidadosamente por debajo de la lengua, alrededor de las encías, los dientes y el paladar, evitando frotar excesivamente[53].

Además, se recomienda que la persona use hilo dental en los espacios interdentales, el cual debe guardarse en un sobre de papel. Esta toma debe realizarse en primer lugar debido a que los restos de semen en la boca desaparecen rápidamente; asimismo, es importante numerar los hisopos para iniciar los análisis con el primero recolectado[53].

Posteriormente, se examina la superficie corporal en busca de manchas de semen, saliva o posibles mordeduras, las cuales deben recogerse mediante hisopos estériles. También se realiza el peinado del vello púbico y la recogida de pelos dubitados,

colocándolos sobre un papel que luego será doblado cuidadosamente e introducido en una bolsa pequeña de papel[53].

En el área genital femenina, se toman dos muestras cervicales, dos vaginales y una de genitales externos utilizando hisopos estériles para limpiar cuidadosamente el cuello uterino, la cavidad vaginal y la región vulvar. Después de estas tomas, se procede al lavado vaginal empleando aproximadamente 10 ml de suero fisiológico estéril, el cual se recoge posteriormente en un tubo o frasco de plástico[53].

De igual manera, se realizan dos tomas anales y una del margen anal mediante hisopos estériles, limpiando cuidadosamente el conducto ano-rectal y el margen anal. Finalmente, la ropa que llevaba la víctima al momento de la agresión debe envolverse por separado en papel e introducirse en bolsas de papel independientes para preservar adecuadamente las evidencias[53].

Identificación de los indicios

En todos los recipientes habrá un espacio reservado para la identificación de los indicios, en el que constará:

a) El número de referencia o el número de expediente.
b) El tipo de indicio y procedencia.

Sistemas de empaquetado

a) Tubos con indicios líquidos hay que ponerlos en recipientes de transporte que estén bien marcados con todos sus datos. Es importante llevarlos al laboratorio lo más rápido que se pueda y durante todo el trayecto hay que asegurarse de que no se rompa la cadena de frío. Las muestras deben mantenerse a la temperatura establecida durante todo el proceso de transporte hasta que llega a su destino.
b) Frascos o recipientes: para las muestras de líquidos órganos o tejidos blandos hay que usar recipientes que tengan tapa de rosca y que cierren bien para que no se derrame nada. Esos recipientes van sellados y con todos sus datos bien puestos para que no haya confusiones. Durante el traslado al laboratorio hay que mantener siempre la cadena de frío para que las muestras no se echen a perder.
c) Hisopos estériles en seco: una vez que se toman las muestras con los hisopos hay que guardarlos en cajas portahisopos para que estén protegidos y no se contaminen. Después se identifican bien se sellan y se envían al laboratorio. En este caso no hace falta mantenerlos en frío porque se trata de hisopos que ya están secos.
d) Muestras con manchas secas: cada muestra se coloca sobre una hoja de papel limpia y se dobla con cuidado para que no se pierda nada. Después se mete en una bolsa de papel que se sella y se identifica con todos los datos necesarios. Una vez hecho eso se manda al laboratorio y no hace falta refrigerarla[53].

Recepción de los indicios en el laboratorio

Recibir las muestras y registrar en la cadena de custodia los siguientes datos:

a) Nombre de la persona que entrega las muestras.
b) Nombre de la persona que recibe las muestras.
c) Fecha y hora de la entrega.
d) Empresa que realiza el transporte (si procede).

Consideraciones especiales para la toma, recepción y análisis de indicios biológicos

Con el propósito de reducir el número de participantes en el proceso de remisión de muestras desde y hacia el exterior, este procedimiento debe realizarse únicamente entre el personal autorizado del laboratorio requirente y el laboratorio requerido, observando estrictamente la cadena de custodia. En caso de no existir remanentes de las muestras que hayan sido sometidas a experticia de ADN, esta situación deberá constar en el informe correspondiente. Asimismo, cada laboratorio está obligado a conservar una muestra de referencia para posibles ampliaciones de estudios o requerimientos de la autoridad competente[53, 55].

Cuando se realicen contra peritajes, la experticia deberá iniciarse desde la extracción de ADN hasta la emisión del informe, sin requerir muestras ni resultados de análisis previos. Además, estos contra peritajes deberán efectuarse en un laboratorio distinto al que realizó la experticia inicial. En caso de encontrarse muestras biológicas contaminadas para la evaluación de ADN, este hecho deberá ser comunicado a la autoridad competente. Finalmente, los casos en los que se soliciten experticias de ADN para futuros cotejos no serán analizados hasta contar con las muestras de referencia correspondientes, excepto en situaciones relacionadas con personas desaparecidas[53].

Kit de peritajes forenses en delitos sexuales

Es un conjunto de materiales e insumos utilizados para la recolección, preservación y análisis de evidencias biológicas en casos de violencia sexual, especialmente en situaciones flagrantes ocurridas hasta 72 horas después de la agresión. Su finalidad es garantizar una adecuada obtención de indicios, evitando la contaminación y preservando la cadena de custodia[53].

El procedimiento inicia explicando a la víctima el proceso del peritaje y obteniendo el consentimiento informado. Posteriormente, se realiza el examen físico y la recolección de evidencias biológicas, incluyendo prendas de vestir, cabellos, fibras, fluidos biológicos y muestras corporales mediante hisopados. Las prendas deben colocarse individualmente en

fundas de papel, mientras que las lesiones y evidencias se documentan fotográficamente con escalas métricas para su identificación[53].

Durante el examen, se toman muestras en distintas regiones corporales como muslos, inglés, glúteos, senos, cuello, vulva, canal vaginal, canal anal y cavidad oral, utilizando hisopos estériles humedecidos con solución salina. Estas muestras deben secarse a la sombra antes de ser almacenadas en cajas especiales para su envío al laboratorio. También pueden obtenerse muestras de sangre y orina para estudios toxicológicos, pruebas rápidas de VIH, pruebas de embarazo o análisis genéticos mediante papel filtro FTA[53].

El kit contiene diferentes insumos médicos y de bioseguridad indispensables para la pericia. Entre ellos se incluyen gasas estériles, vendas, algodón, guantes, mascarillas, jeringuillas, tubos de ensayo, frascos estériles para muestras, hisopos de algodón, sobres manila, cinta adhesiva, papel filtro FTA, cámaras fotográficas y coolers para mantener la cadena de frío. Además, para casos flagrantes el kit incorpora elementos específicos como peinillas no plásticas, pinzas anatómicas, palillos para uñas, lancetas, testigo métrico, cajas para hisopos y fundas de evidencia[53].

Finalmente, todas las evidencias recolectadas deben ser embaladas, selladas y etiquetadas correctamente, registrando la información correspondiente en la cadena de custodia. Las fotografías obtenidas se almacenan en un CD identificado únicamente con el número de caso, fecha, hora y nombre del perito, evitando incluir el nombre de la víctima. Posteriormente, las evidencias son entregadas a la Policía Judicial y el informe pericial es remitido al fiscal de la causa[53].

Procedimientos de análisis de Laboratorio

Inicia con la recepción de documentos necesarios para el estudio pericial. Entre estos se incluyen la solicitud de la autoridad competente, el acta de posesión del perito, el registro de cadena de custodia, el consentimiento informado firmado en caso de muestras de referencia acompañado de la copia de la cédula de ciudadanía del compareciente, el certificado de la persona que realizó la toma de la muestra y la copia de la cédula del custodio o, en el caso de extranjeros, el pasaporte[53].

Posteriormente, el responsable del laboratorio debe generar un código alfanumérico único para la identificación interna de la muestra y abrir un expediente con todos los documentos requeridos. En personas privadas de libertad que no posean documento de identidad, esta deberá verificarse mediante el sistema AFIS después de la toma de muestra. Asimismo, cuando los ciudadanos acudan personalmente al laboratorio, deberán presentar su cédula y firmar el consentimiento o asentimiento informado correspondiente[53].

En todo laboratorio tiene que haber alguien que se encargue de recibir las muestras. Esa persona es la responsable de identificarlas y de sacarles fotos para dejar registro de cómo

llegaron. Antes de dar por recibido el material hay que revisar que las etiquetas no estén rotas y que los cierres y el embalaje estén en buen estado. Si se encuentra cualquier cosa fuera de lugar o algún daño hay que anotarlo para que quede constancia. Una vez que se termina todo ese control las muestras pasan a estar bajo la responsabilidad del personal del laboratorio y ahí comienza la siguiente etapa del proceso, cada laboratorio debe disponer de un área de almacenamiento temporal equipada con cámara de secado, ultracongelado y sistema de archivo, manteniendo temperatura controlada, ventilación adecuada y acceso restringido[53].

El procesamiento de los indicios biológicos se encuentra respaldado por el artículo 459 del COIP, el cual establece que, en ausencia de una institución pública acreditada, las autopsias, exámenes médicos, pruebas de laboratorio o biológicas podrán realizarse en instituciones privadas acreditadas, cuyos costos serán asumidos por el Consejo de la Judicatura, teniendo los resultados valor pericial. El proceso analítico comprende tres fases: preanalítica, analítica y post analítica[33].

La fase preanalítica tiene como finalidad verificar que los indicios coincidan con la cadena de custodia y con la pericia solicitada, además de seleccionar y clasificar las muestras biológicas de acuerdo con el requerimiento fiscal, ya sea para Biología o Genética Forense. Por su parte, la fase analítica busca obtener ADN en cantidad y calidad suficientes para emitir el informe pericial. Para ello, en el caso de prendas, se deben identificar posibles fluidos biológicos mediante luz espectral. Luego, se selecciona el método de extracción de ADN más adecuado según el tipo de indicio, utilizando reactivos y equipos estandarizados internacionalmente[53].

La fase post-analítica tiene como objetivo emitir informes periciales claros y objetivos basados en los resultados obtenidos del análisis de ADN. Dichos informes deben incluir el código del caso asignado por el laboratorio, el nombre de la autoridad y entidad solicitante, el número único de expediente, la descripción de las muestras de referencia, las fechas de recepción y entrega del informe, el objeto del estudio, la metodología utilizada con su fundamentación científica, los loci o sistemas de amplificación empleados, la interpretación cualitativa o cuantitativa de los resultados con sus cálculos estadísticos, la interpretación de resultados, las conclusiones y la firma del responsable del informe[33].

Adicionalmente, cada laboratorio debe mantener un expediente individual por caso que contenga la cadena de custodia, fotografías o diagramas realizados en el laboratorio, fotografías de las personas a quienes se tomaron muestras de referencia, formularios de consentimiento informado firmados, reportes de pruebas adicionales, formularios internos de control, electroferogramas impresos a color y comunicaciones emitidas por la autoridad competente[53].

De igual manera, cada laboratorio debe conservar archivos institucionales con informes de calibración y mantenimiento de equipos, resultados de pruebas de proficiencia nacionales e internacionales, reportes de resultados inesperados y acciones correctivas,

informes de auditoría y aseguramiento de calidad, artículos científicos utilizados como referencia para cálculos estadísticos y perfiles completos de ADN del personal del laboratorio. Finalmente, cada laboratorio deberá validar sus métodos de acuerdo con estándares internacionalmente reconocidos[53].

Prevención de contaminación y control de calidad

Dado que existen riesgos de contaminación, deterioro y fallos ya identificados en el manejo de las pruebas biológicas, es imprescindible poner en marcha mecanismos de prevención y sistemas que aseguren la calidad de los procesos. De esta forma, se puede garantizar que los análisis forenses sean confiables y que los resultados tengan validez ante la justicia[33].

En Ecuador, la aplicación de normas internacionales como la ISO/IEC 17025 contribuye a garantizar competencia técnica y confiabilidad en laboratorios forenses. Estas normas establecen requisitos relacionados con validación de métodos, trazabilidad, control documental y aseguramiento de calidad en análisis periciales[61]. El Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses promueve procesos de capacitación y normalización técnica dirigidos al fortalecimiento de las actividades periciales relacionadas con genética forense y manejo de evidencia biológica[53].

En la provincia de Chimborazo, el fortalecimiento de protocolos de bioseguridad, capacitación continua y mejora en infraestructura forense resulta fundamental para optimizar el análisis de fluidos biológicos en investigaciones de delitos sexuales. La correcta preservación de las muestras influye directamente en la obtención de perfiles genéticos confiables y en la adecuada administración de justicia[45].

Finalmente, la correcta aplicación de la cadena de custodia permite garantizar la confiabilidad científica y jurídica de las evidencias biológicas utilizadas en genética forense. La preservación adecuada de fluidos biológicos influye directamente en la obtención de perfiles genéticos útiles para la identificación de agresores y el esclarecimiento de delitos sexuales en Ecuador y particularmente en provincias como Chimborazo, donde las limitaciones logísticas hacen aún más importante el cumplimiento estricto de protocolos forenses[30,45].

Conservación de muestras biológicas

La conservación de muestras biológicas es un proceso fundamental para garantizar la integridad de los fluidos biológicos y mantener la cadena de custodia desde su recolección hasta el análisis en el laboratorio. Para ello, se aplica la denominada cadena de frío, definida como el conjunto de normas, procedimientos, actividades y equipos destinados a asegurar la correcta conservación de las muestras en condiciones adecuadas de luz y temperatura[45].

El manejo correcto de las evidencias biológicas es fundamental para garantizar la integridad de las muestras destinadas al análisis forense. Un estudio de Kumar et al.[10] evidenciaron que una preservación deficiente de muestras biológicas en casos de agresión sexual puede ocasionar la pérdida de su valor probatorio. Esto dificultad recuperar material genético y enfatizan que es necesario tomar medidas durante la recuperación, el manejo y la conservación de las evidencias biológicas. Estas acciones son importantes para mantener su utilidad en el análisis de ADN y en la investigación de los hechos.

La cadena de frío comprende diferentes niveles organizativos relacionados con la toma, embalaje, conservación y transporte de muestras biológicas obtenidas en víctimas de delitos sexuales. Su correcto funcionamiento depende de recursos humanos, materiales y financieros. El personal encargado de las pruebas debe manipularlas, conservarlas y transportarlas de forma correcta para que no se deterioren[53].

Entre los principales equipos utilizados para la conservación de muestras se encuentran los cuartos fríos, congeladores, refrigeradores, cajas térmicas y termos. Los congeladores se utilizan cuando las muestras requieren conservación por más de 24 horas, mientras que los refrigeradores mantienen temperaturas entre +2 °C y +8 °C. Las cajas térmicas y termos permiten transportar fluidos biológicos manteniendo la temperatura adecuada mediante paquetes fríos[45,53].

El manejo técnico de los equipos de refrigeración es esencial para preservar las muestras. Los refrigeradores deben ubicarse en ambientes frescos, ventilados, alejados del calor y correctamente nivelados. Además, se debe controlar periódicamente la temperatura y registrar los valores al menos dos veces al día. Los termos deben contener la cantidad adecuada de paquetes fríos y las muestras deben protegerse del contacto directo con el agua del deshielo mediante recipientes plásticos o fundas herméticas[53].

El mantenimiento preventivo de los equipos de cadena de frío incluye la limpieza periódica de refrigeradores, revisión del cierre hermético de las puertas y descongelación cuando el grosor del hielo exceda 1,5 cm, ya que esto podría alterar la temperatura interna y dañar las muestras biológicas. Durante el descongelamiento, los fluidos deben mantenerse temporalmente en termos o cajas frías con paquetes refrigerantes[45].

En cuanto al transporte de fluidos biológicos, este debe realizarse respetando estrictamente la cadena de frío. Las muestras deben colocarse en envases estériles correctamente rotulados con datos como nombre de la persona, tipo de muestra, fecha, hora, lugar de toma, autoridad solicitante y nombre del responsable de la recolección. Posteriormente, se introducen en fundas herméticas y finalmente en termos con paquetes fríos para mantener la temperatura adecuada hasta su entrega al laboratorio[53].

En lugares donde no existan equipos de refrigeración, puede utilizarse una mezcla de hielo y sal en proporción 90 % hielo y 10 % sal, colocada en recipientes aislantes como

coolers o cajas de espumaflex, lo que permite mantener temperaturas entre 5 °C y -5 °C durante un máximo aproximado de 12 horas[45,53].

Las técnicas modernas de identificación de fluidos biológicos han mejorado la precisión en la investigación de delitos sexuales, especialmente mediante el uso de biomarcadores moleculares como mRNA, miRNA y metilación del ADN, los cuales permiten diferenciar fluidos incluso en muestras mixtas o degradadas[62,63]. De igual manera se ha demostrado que la persistencia de los fluidos varía según las condiciones ambientales, lo que influye en la calidad de la evidencia recuperada[64].

Problemas frecuentes en Chimborazo

En Ecuador, y particularmente en la provincia de Chimborazo, se han señalado ciertas dificultades relacionadas con la investigación de los delitos sexuales, las cuales podrían influir en el análisis forense de los fluidos biológicos. Entre los aspectos descritos se encuentra la disponibilidad limitada de recursos tecnológicos en algunos laboratorios, lo que podría dificultar el desarrollo de determinados análisis. Asimismo, la disponibilidad de personal capacitado en genética forense, los tiempos de espera para el procesamiento de las muestras y las condiciones de conservación de las evidencias desde su recolección hasta su llegada al laboratorio constituyen aspectos que podrían influir en la calidad y oportunidad de las investigaciones[65].

La Fiscalía General del Estado señala que los análisis de ADN constituyen una herramienta decisiva en delitos sexuales, ya que permiten identificar la procedencia de manchas biológicas como sangre, saliva, semen y otros fluidos corporales utilizados en las investigaciones penales[65].

Otro problema relevante es la falta de recursos suficientes y de una adecuada aplicación de protocolos de cadena de custodia. La incorrecta recolección y preservación de muestras biológicas puede ocasionar contaminación, degradación o pérdida de evidencia, disminuyendo la posibilidad de identificar científicamente al agresor. La investigación desarrollada en la Universidad San Francisco de Quito destaca que la adecuada preservación de indicios biológicos es fundamental para obtener perfiles genéticos válidos en casos de violación sexual[66].

Asimismo, en provincias como Chimborazo existen limitaciones institucionales y técnicas relacionadas con el acceso oportuno a servicios especializados de medicina legal y genética forense. En Ecuador, aunque ya existen laboratorios certificados para hacer análisis genéticos, todavía no se logra que todos los rincones del país tengan acceso rápido y eficiente a estos servicios. Según el Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses[34], tener laboratorios de genética forense acreditados ayuda a que los resultados sean más fiables y facilita la identificación de los responsables de delitos a través del estudio de los fluidos biológicos que se recogen en la escena del crimen.

A pesar de que en Ecuador se han logrado avances significativos en el ámbito forense, .entre ellos la acreditación, bajo la norma ISO/IEC 17025:2018, de los Laboratorios de Genética y Toxicología Forense pertenecientes al Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses bajo la norma ISO/IEC 17025:2018, aún persisten desafíos relacionados con la cobertura y acceso equitativo a estos servicios especializados en provincias alejadas de los principales centros urbanos. La acreditación garantiza estándares de calidad y confiabilidad en los análisis periciales; sin embargo, la centralización de estos recursos en Quito puede generar demoras en el procesamiento de muestras, dificultades logísticas y limitaciones técnicas en provincias como Chimborazo, afectando la rapidez y eficacia de las investigaciones de delitos sexuales[67].

Además, la problemática social vinculada al miedo a denunciar, la revictimización y la demora en los procesos judiciales influye negativamente en la obtención de evidencias biológicas útiles. Según los datos que ha hecho públicos la Asamblea Nacional del Ecuador las denuncias por delitos sexuales van en aumento en los últimos años. Esta realidad evidencia que es urgente reforzar tanto las investigaciones como los procedimientos aplicados en las pericias, debido al creciente número de casos que requieren un abordaje riguroso y adecuado[68].

La magnitud de la violencia sexual también se refleja en el ámbito judicial. Según información presentada por el Consejo de la Judicatura ante la Asamblea Nacional, entre 2014 y 2025 se registraron 15.724 procesos judiciales relacionados con delitos cometidos contra niñas, niños y adolescentes a nivel nacional. De estos, 10.809 correspondieron a casos de abuso sexual y 3.075 a violación, lo que evidencia la importancia de fortalecer los mecanismos de investigación y obtención de evidencia en este tipo de delitos[69].

En este contexto es importante analizar qué papel juega el estudio forense de los fluidos biológicos cuando se investiga un delito sexual. Porque, de este modo, estos análisis son los que pueden dar las respuestas que ninguna otra prueba alcanza a ofrecer. El adecuado manejo de estas evidencias permite garantizar la calidad de los análisis periciales y fortalecer la confiabilidad de los resultados obtenidos, contribuyendo de manera directa a la toma de decisiones judiciales. Además, el análisis correcto de los fluidos biológicos permite establecer relaciones científicas objetivas entre los involucrados en el delito mediante técnicas de identificación genética y ADN forense[65,67].

El manejo inadecuado de evidencias biológicas puede afectar la validez de los resultados forenses, especialmente si no se respeta la cadena de custodia o los protocolos de recolección[70,71]. Asimismo, aún existen limitaciones tecnológicas e institucionales que dificultan la implementación de técnicas avanzadas en algunos laboratorios forenses[72,73].

Aplicaciones forenses en la provincia de Chimborazo

El análisis de fluidos biológicos como sangre, semen, saliva y otros indicios, constituye uno de los pilares fundamentales de la biología forense al momento de investigar

delitos sexuales. La importancia de estos vestigios radica en que permiten demostrar de forma objetiva si existió contacto físico, facilitan la identificación de los implicados y ayudan a vincular la evidencia con los presuntos agresores con un alto nivel de certeza científica. Hoy en día, la implementación y actualización de estos métodos analíticos han transformado por completo la manera en que el sistema de justicia procesa este tipo de crímenes, aportando una base técnica y clara en los juicios[74].

Casos documentados en Riobamba y zonas rurales

La provincia de Chimborazo se encuentra ubicada en la zona central de la región interandina o Sierra del Ecuador, está estructurada por diez cantones: Alausí, Chambo, Chunchi, Colta, Cumandá, Guamote, Guano, Pallatanga, Penipe y Riobamba, funcionando este último como su cabecera provincial[75]. La sumisión química se ha convertido en una de las problemáticas más graves asociadas a los delitos sexuales, siendo catalogada legalmente como un atentado directo contra la libertad sexual y reproductiva. Al momento de investigar estos casos, es clave analizar los síntomas que presenta la víctima, entre los cuales destacan la amnesia, la confusión y el vómito[76].

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la violencia sexual afecta principalmente a las mujeres y puede presentarse en diferentes contextos, incluidos los espacios familiares y de pareja[4]. En la provincia de Chimborazo, según datos de la Encuesta Nacional sobre Relaciones Familiares y Violencia de Género contra las Mujeres, la violencia contra las mujeres se presenta en diferentes ámbitos, principalmente en la pareja (39,3 %), seguido del sector educativo (19,9 %), familiar (17,7 %), social (16,8 %) y laboral (10,7 %)[77].

La ciudad de Riobamba presenta índices altos de violencia hacia la mujer, pero esos casos no siempre terminan en feminicidios a comparación de otras provincias a nivel nacional, se debe tomar en cuenta que los casos de muerte con violencia sexual no solo están relacionados con la mujer[78]. La ley ecuatoriana entiende por violencia cualquier tipo de maltrato ya sea físico psicológico o sexual que se cometa dentro de la familia contra una mujer o contra cualquier otro miembro del hogar. Y no se refiere solo a los padres o a los hijos. La norma incluye también al cónyuge a la pareja en unión libre o en unión de hecho a los convivientes y a los ascendientes y descendientes. Además, abarca a los hermanos y a los parientes hasta el segundo grado de afinidad. Incluso se extiende a aquellas personas con las que el acusado mantenga o haya mantenido algún tipo de relación íntima afectiva conyugal de convivencia o de noviazgo[5, 79].

La literatura revisada considera tanto los contextos urbanos como rurales dentro de la investigación de delitos sexuales, por lo que la recolección y conservación de evidencias biológicas como semen, sangre, saliva, orina y flujo vaginal constituyen elementos relevantes dentro de la investigación forense y deben realizarse de manera adecuada independientemente del lugar donde ocurra el hecho[78]. Esta situación deja en evidencia lo

urgente que es capacitar mejor al personal de salud local, optimizar el traslado de indicios y víctimas hacia los centros forenses especializados, y armar campañas comunitarias que motiven a denunciar a tiempo. Al final, estos elementos demuestran que el problema en Chimborazo tiene muchas facetas y que el peritaje de fluidos corporales se mantiene como la herramienta clave para asegurar la justicia en los delitos sexuales, beneficiando tanto a la capital provincial como a las comunidades rurales[45,78].

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Según el enfoque

La presente investigación adoptó un enfoque cualitativo, debido a que se buscó comprender y analizar los procedimientos forenses utilizados en el estudio de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales en la provincia de Chimborazo. Este enfoque se centró en la interpretación de procedimientos, protocolos y documentación forense. Asimismo, no se utilizaron mediciones numéricas ni pruebas estadísticas.

Según el nivel

El nivel de la investigación fue descriptivo, dado que se detallaron las técnicas, procedimientos y la importancia del análisis de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales, sin establecer relaciones causales.

Según el diseño

La presente investigación fue de tipo no experimental, considerando que no se manipularon deliberadamente las variables de estudio. El análisis se limitó a la revisión y análisis de información científica y documental existente, a partir del registro de documentos o información pericial, con el fin de comprender y describir los procedimientos forenses tal como se presentaron en su contexto real, sin intervención directa del investigador.

Según la secuencia temporal

El estudio fue de tipo transversal, ya que la recolección y el análisis de la información se realizaron en un solo momento, con la misma población de estudio, lo que permitió obtener un único grupo de resultados y describir la situación del análisis forense aplicado a delitos sexuales en el contexto provincial.

Según la cronología de los hechos

La secuencia fue retrospectiva, debido a que la investigación se basó en la revisión y análisis de información científica y documental previamente publicada, no se realizó seguimiento de casos ni intervención directa sobre los hechos estudiados.

Población y Muestra

Población

La población estuvo conformada por 126 fuentes bibliográficas relacionadas con la identificación de fluidos biológicos en delitos sexuales, genética forense, cadena de custodia y violencia sexual, obtenidas de bases de datos científicas, organismos oficiales, revistas especializadas, libros, normas técnicas y repositorios académicos. Las fuentes consultadas

correspondieron principalmente a PubMed/MEDLINE (40), Google Académico (9), repositorios institucionales (10), Fiscalía General del Estado del Ecuador (8), MDPI (8), Elsevier/ScienceDirect (7), libros especializados (8), organismos internacionales (OMS, ONU Mujeres, UNODC e ISO) (6), Anatomía Digital (5), Nature Publishing Group (3), Dialnet (4), Asamblea Nacional del Ecuador (3), Springer (3), Wiley Online Library (3), Taylor & Francis (2), Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (3) y ENFSI (1). La búsqueda se realizó mediante los operadores booleanos AND y OR, utilizando palabras clave en español e inglés relacionadas con genética forense, identificación de fluidos biológicos, ADN forense, cadena de custodia e investigación de delitos sexuales.

Muestra

La muestra estuvo conformada por 79 fuentes bibliográficas que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos para la investigación y presentaron relación directa con los objetivos del estudio. Estas se distribuyeron de la siguiente manera: PubMed/MEDLINE (18), repositorios institucionales (8), Fiscalía General del Estado del Ecuador (5), organismos internacionales (4), libros especializados (3), MDPI (3), Anatomía Digital (3), Asamblea Nacional del Ecuador (3), Nature Publishing Group (2), Dialnet (2), Taylor & Francis (2), Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2), Springer (2), Elsevier/ScienceDirect (2), ENFSI (1), Sports Science Exchange (1), NIST/OSAC (1), Ministerio de Gobierno (1), Servicio de Acreditación Ecuatoriano (1) y otras revistas científicas indexadas (18).

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- Artículos científicos, tesis, documentos institucionales, normas, protocolos y documentos técnicos relacionados con delitos sexuales ocurridos en la provincia de Chimborazo, que contengan información relevante sobre el análisis de fluidos biológicos utilizados como evidencia en los procesos periciales.
- Documentación técnica, científica y normativa vigente y actualizada que incluya procedimientos, protocolos y metodologías para el análisis de fluidos biológicos con fines periciales, pertinente para la investigación forense de delitos sexuales.
- Protocolos y documentos técnicos de fluidos biológicos y bibliografía jurídica elaborados por instituciones oficiales competentes en el ámbito forense, que cumplan con estándares técnicos y metodológicos reconocidos.
- Información que esté directamente relacionada con el problema que se está investigando, además que exista disponibilidad de texto completo y pertinencia respecto al problema de investigación. Es fundamental que los datos estén completos que se pueda seguir el rastro de cada procedimiento y que las fuentes documentales ofrezcan la confianza necesaria para respaldar el análisis.

Criterios de exclusión

- Informes o registros forenses que dejen por fuera el estudio de los fluidos biológicos que realmente importan para la investigación. Tampoco sirven los que, aunque mencionen algo no aportan datos concretos ni información que ayude de verdad a resolver el problema que se está analizando.
- Documentación que no se obtenga toda la información completa. Y mucho menos si no tiene el respaldo técnico suficiente porque eso impide que se pueda interpretar correctamente y dificulta cualquier análisis dentro del esquema metodológico que se está siguiendo.
- Datos o registros que vienen de análisis hechos en otras provincias o que tienen que ver con delitos que no son sexuales.

Método de estudio

En el presente trabajo se empleó un enfoque cualitativo de carácter documental, basado en el análisis y síntesis de información científica y documental relacionada con el estudio forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales.

Técnicas y procedimientos

Técnica

Revisión documental

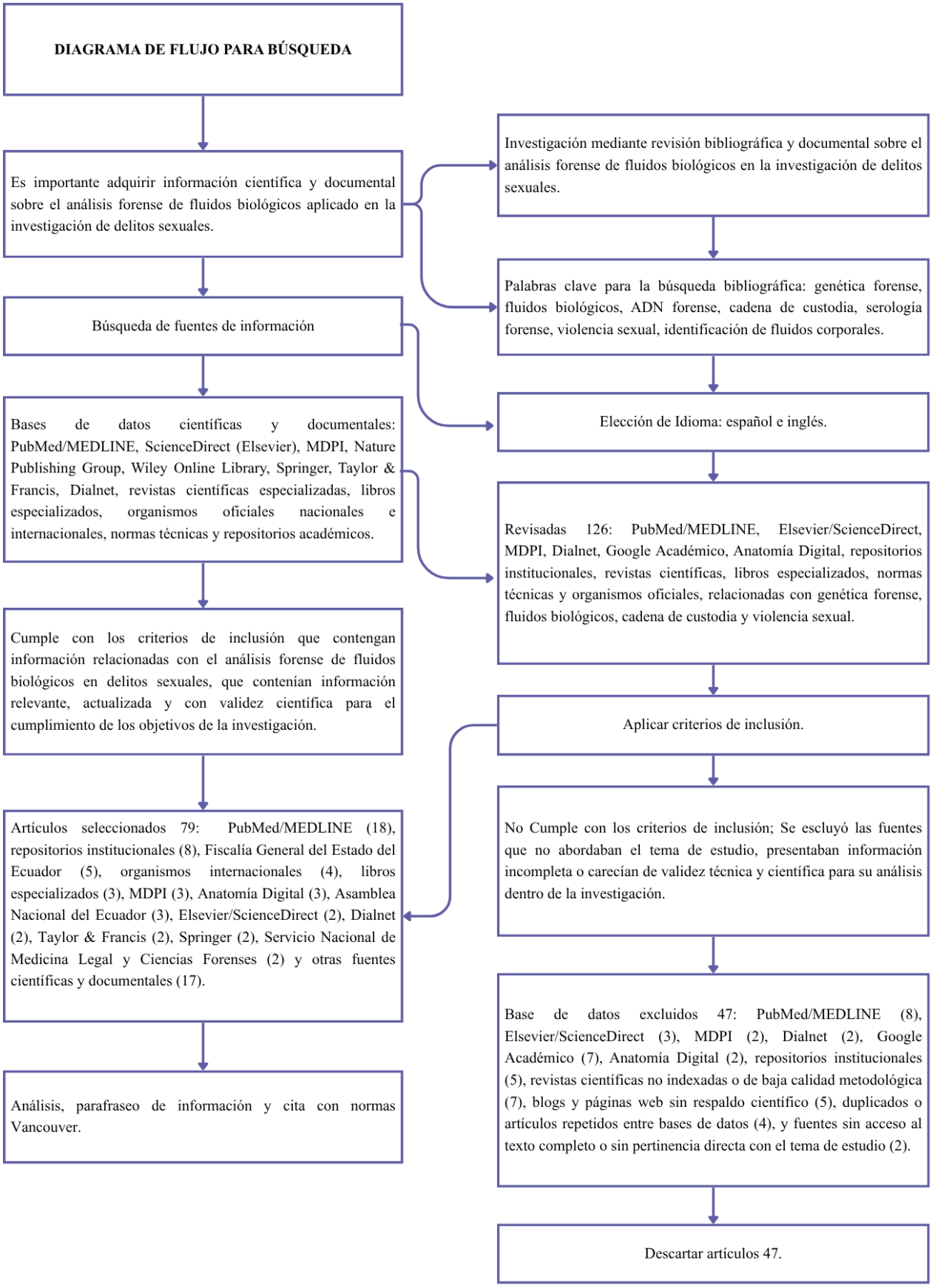
Procedimiento

Se realizó la búsqueda, recopilación, revisión y análisis de información científica y documental relacionada con el análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales. Las fuentes seleccionadas fueron organizadas y sistematizadas de acuerdo con los objetivos de la investigación, considerando información sobre los principales fluidos biológicos, las técnicas y procedimientos empleados para su análisis y las limitaciones técnicas, legales e institucionales descritas en la literatura y documentación consultada.

Consideraciones éticas

Al tratarse de un trabajo de revisión bibliográfica y documental, no existieron intervenciones directas sobre seres humanos ni manipulación de muestras biológicas, por lo que no se presentaron conflictos bioéticos. Asimismo, se respetaron los principios éticos de la investigación científica mediante el uso adecuado de las fuentes consultadas, la correcta citación de los autores y la utilización responsable de la información recopilada. Los resultados obtenidos fueron empleados únicamente con fines académicos y científicos.

En el siguiente diagrama de flujo se detalla el proceso realizado para la búsqueda bibliográfica, selección de las fuentes científicas más relevantes relacionadas con el análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales.


DIAGRAMA DE FLUJO PARA BÚSQUEDA
Es importante adquirir información científica y documental sobre el análisis forense de fluidos biológicos aplicado en la investigación de delitos sexuales.
Investigación mediante revisión bibliográfica y documental sobre el análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales.
Palabras clave para la búsqueda bibliográfica: genética forense, fluidos biológicos, ADN forense, cadena de custodia, serología forense, violencia sexual, identificación de fluidos corporales.
Búsqueda de fuentes de información
Elección de Idioma: español e inglés.
Bases de datos científicas y documentales: PubMed/MEDLINE, ScienceDirect (Elsevier), MDPI, Nature Publishing Group, Wiley Online Library, Springer, Taylor & Francis, Dialnet, revistas científicas especializadas, libros especializados, organismos oficiales nacionales e internacionales, normas técnicas y repositorios académicos.
Revisadas 126: PubMed/MEDLINE, Elsevier/ScienceDirect, MDPI, Dialnet, Google Académico, Anatomía Digital, repositorios institucionales, revistas científicas, libros especializados, normas técnicas y organismos oficiales, relacionadas con genética forense, fluidos biológicos, cadena de custodia y violencia sexual.
Cumple con los criterios de inclusión que contengan información relacionadas con el análisis forense de fluidos biológicos en delitos sexuales, que contenían información relevante, actualizada y con validez científica para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.
Aplicar criterios de inclusión.
Artículos seleccionados 79: PubMed/MEDLINE (18), repositorios institucionales (8), Fiscalía General del Estado del Ecuador (5), organismos internacionales (4), libros especializados (3), MDPI (3), Anatomía Digital (3), Asamblea Nacional del Ecuador (3), Elsevier/ScienceDirect (2), Dialnet (2), Taylor & Francis (2), Springer (2), Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2) y otras fuentes científicas y documentales (17).
No Cumple con los criterios de inclusión; Se escluyó las fuentes que no abordaban el tema de estudio, presentaban información incompleta o carecían de validez técnica y científica para su análisis dentro de la investigación.
Base de datos excluidos 47: PubMed/MEDLINE (8), Elsevier/ScienceDirect (3), MDPI (2), Dialnet (2), Google Académico (7), Anatomía Digital (2), repositorios institucionales (5), revistas científicas no indexadas o de baja calidad metodológica (7), blogs y páginas web sin respaldo científico (5), duplicados o artículos repetidos entre bases de datos (4), y fuentes sin acceso al texto completo o sin pertinencia directa con el tema de estudio (2).
Análisis, parafraseo de información y cita con normas Vancouver.
Descartar artículos 47.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la revisión de artículos científicos, tesis, documentos institucionales y literatura especializada relacionada con el análisis forense de fluidos biológicos en la investigación de delitos sexuales en la provincia de Chimborazo. Las fuentes seleccionadas aportaron información relevante acerca de los principales fluidos biológicos recolectados en este tipo de delitos, su importancia dentro de las investigaciones judiciales y las limitaciones que existen durante los procesos de recolección, conservación y análisis de las evidencias biológicas.

La evidencia biológica constituye uno de los elementos más importantes dentro de la investigación forense de delitos sexuales, debido a que permite identificar a víctimas y agresores mediante técnicas de laboratorio. Entre los fluidos biológicos de mayor relevancia se encuentran el semen, la sangre, la saliva, orina y fluido vaginal, los cuales pueden encontrarse en diferentes superficies o en el cuerpo de la víctima y aportar información determinante para el esclarecimiento de los hechos.Los objetivos planteados para dar cumplimiento a la presente investigación se describen en los siguientes ítems:

- Establecer los principales fluidos biológicos de interés forense relacionados con la investigación de delitos sexuales, mediante la revisión de la literatura científica y documental, para reconocer su relevancia en el esclarecimiento de los hechos y su aplicación en el contexto de la provincia de Chimborazo.

- Relacionar las principales técnicas y procedimientos utilizados para el análisis de evidencias biológicas en la investigación de delitos sexuales, a partir de la información recopilada, para establecer su utilidad en la identificación y caracterización de los indicios biológicos.

- Categorizar las limitaciones técnicas, legales e institucionales que inciden en el manejo y análisis de evidencias biológicas, considerando los procedimientos forenses y las normativas aplicables, para determinar las áreas críticas que requieren fortalecimiento en el contexto de la provincia de Chimborazo.

Para responder a los objetivos específicos del presente trabajo, la información más relevante se recopiló y se presentó en las tablas siguientes.

Tabla 1. Principales fluidos biológicos de interés forense relacionados con la investigación de delitos sexuales.

N°	Autor/Año	Fluido biológico	Principales hallazgos	Aporte forense
1	Afolabi et al.[19], 2017	Sangre, saliva y semen	Diferenciación entre fluidos biológicos	Fortalecimiento de la identificación forense
2	Sakurada et al.[27], 2020	Semen, saliva y fluido vaginal	Identificación específica del origen biológico	Confirmación del tipo de evidencia
3	Choung et al.[62], 2021	Semen, sangre, saliva y fluido vaginal	Diferenciación de cinco fluidos biológicos	Reconstrucción de hechos y origen de la muestra
4	McKiernan et al.[47], 2021	Sangre, semen, saliva, orina y fluido vaginal	Identificación de fluidos puros y mezclados	Confirmación de evidencia biológica
5	Hussein et al.[63], 2021	Saliva y sangre menstrual	Identificación de fluidos en muestras almacenadas	Preservación de evidencia biológica
6	Finnis et al. [64], 2023	Semen, saliva y fluido vaginal	Persistencia diferencial de los fluidos	Optimización de la recolección de muestras
7	Gouello et al.[32], 2024	Sangre, saliva y otros fluidos	Identificación mediante perfiles microbianos	Nueva herramienta de identificación
8	Borisov et al.[23], 2024	Semen	Identificación rápida de rastros seminales	Detección de evidencia sexual

9	Ünsal Sapan et al.[42], 2025	Semen y fluido vaginal	Diferenciación de mezclas biológicas	Confirmación de agresión sexual
10	Nasir et al.[17] , 2026	Sangre, semen, saliva, orina y fluido vaginal	Evaluación integral de fluidos biológicos	Apoyo al esclarecimiento judicial

Análisis e interpretación

La revisión de la literatura evidencia que los principales fluidos biológicos de interés forense en la investigación de delitos sexuales son la sangre, el semen, la saliva y el fluido vaginal. Afolabi et al.[19] y Sakurada et al.[27] coinciden en la importancia de diferenciar los fluidos biológicos mediante métodos específicos, debido a que su identificación permite establecer el origen de los indicios y orientar el análisis posterior. De manera similar, Choung et al.[62] y McKiernan et al.[47] destacan la utilidad de la identificación de sangre, semen, saliva y fluido vaginal para la caracterización de las evidencias biológicas y la obtención de información relevante para la investigación forense.

Además los principales fluidos biológicos importantes en investigaciones forenses de delitos sexuales son la sangre, el semen, la saliva y el fluido vaginal. Es por ello que, Afolabi et al.[19] y Sakurada et al. [27] están de acuerdo en que es esencial diferenciar estos fluidos con métodos precisos, debido a que su identificación ayuda a determinar el origen de los indicios y guía los análisis importantes. De la misma forma, Choung et al.[62] y McKiernan et al.[47] resaltan la importancia de reconocer la sangre, el semen, la saliva y el fluido vaginal.

Asimismo, Hussein et al.[63] y Finnis et al.[64] señalan que la identificación de los fluidos puede verse condicionada por factores relacionados con el tiempo, la degradación y las características de las muestras, por lo que su adecuada detección y conservación resulta fundamental para mantener su utilidad durante el análisis. Por otra parte, Gouello et al.[32] y Borisov et al.[23] presentan métodos de análisis más recientes, como la identificación mediante perfiles del microbioma y la espectroscopía Raman, lo que evidencia la incorporación de nuevas herramientas para la detección y caracterización de fluidos biológicos.

En conjunto, los estudios revisados muestran que la sangre, el semen, la saliva y el fluido vaginal constituyen los fluidos de mayor relevancia para el análisis forense de evidencias asociadas con delitos sexuales, debido a la información que pueden aportar para la identificación y caracterización de los indicios. Estos hallazgos permiten establecer una base científica para reconocer los tipos de muestras que deben considerarse en la investigación de estos delitos y resultan pertinentes para el contexto de la provincia de Chimborazo, donde el conocimiento de sus características y utilidad forense puede contribuir a fortalecer el manejo y análisis de las evidencias biológicas.

Sapan et al. (42) evidencian la utilidad de técnicas espectroscópicas para diferenciar mezclas de semen y fluido vaginal, mientras que Mohd Nasir et al. (17) sintetizan la evidencia disponible sobre la fiabilidad de los fluidos biológicos como indicios en investigaciones de agresión sexual. Estos resultados refuerzan la importancia de combinar la correcta identificación del fluido con métodos analíticos adecuados para obtener información confiable.

Discusión

Los resultados obtenidos a partir de la revisión bibliográfica permitieron establecer que la sangre, el semen, la saliva, orina y el fluido vaginal constituyen los principales fluidos biológicos de interés forense en la investigación de delitos sexuales. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Afolabi et al.[19] y Sakurada et al.[27], mencionan que la importancia de identificar y diferenciar los fluidos biológicos para determinar el origen de las evidencias y orientar su posterior análisis. Esta coincidencia permite considerar que, independientemente del contexto en el que se obtenga la evidencia, la correcta identificación del fluido constituye una etapa fundamental dentro de la investigación forense.

De manera similar, Choung et al.[62] y McKiernan et al.[47] resaltan la utilidad de los marcadores biológicos para diferenciar distintos fluidos corporales. Sin embargo, sus investigaciones presentan diferencias en cuanto a los métodos empleados, ya que se orientan hacia estrategias moleculares y proteómicas, respectivamente. La identificación de fluidos biológicos no depende solo de un método. Pueden usarse diferentes técnicas dependiendo de las características de la muestra y los recursos que estén disponibles. Los nuevos métodos descritos en la literatura ofrecen más posibilidades para obtener información de las evidencias. Esto puede ayudar a identificar cosas que no se podrían encontrar con los métodos convencionales.

Por otra parte, Hussein et al.[63] y Finnis et al.[64] coinciden en señalar que las características de las muestras y las condiciones a las que son sometidas pueden influir en su identificación. Finnis et al.[64] analizaron específicamente la actividad enzimática, la degradación del ADN y los tiempos de secado de semen, saliva y material vaginal, mientras que Hussein et al.[63] evaluaron la identificación de diferentes fluidos mediante ARN mensajero durante distintos períodos. Estas diferencias metodológicas permiten observar que la utilidad de una evidencia biológica no depende únicamente de su presencia, sino también de las condiciones en las que se encuentra al momento de su análisis.

Asimismo, Gouello et al.[32] y Borisov et al.[23] muestran una tendencia hacia la incorporación de herramientas analíticas más avanzadas. El primero explora el microbioma para la identificación de fluidos biológicos, mientras que el segundo emplea espectroscopía Raman y aprendizaje automático para la detección de rastros de semen. A diferencia de los métodos tradicionales, estas investigaciones plantean alternativas que podrían mejorar la identificación de indicios cuando las muestras presentan características que dificultan su análisis. Por su parte, Sapan et al.[42] demostraron la aplicación de espectroscopía ATR-FTIR para diferenciar mezclas de semen y fluido vaginal, aspecto especialmente relevante en investigaciones de agresión sexual, donde puede existir más de un tipo de fluido en una misma evidencia.

Finalmente, la revisión sistemática de Mohd Nasir et al.[17] coincide con los estudios analizados al reconocer la importancia de los fluidos biológicos como evidencia en las investigaciones de agresión sexual. En conjunto, la literatura revisada evidencia que la

identificación de estos fluidos constituye un elemento importante para orientar la investigación y seleccionar posteriormente los procedimientos analíticos más adecuados. Por lo tanto, identificar correctamente los principales fluidos ayuda mucho en el análisis de las pruebas y esclarecimiento de los hechos. Sin embargo, al revisar los estudios disponibles, se nota que hay pocos trabajos públicos sobre este tema en la provincia de Chimborazo. Esta limitación de evidencia local resalta la importancia de fortalecer la aplicación de procedimientos y técnicas forenses respaldados por la literatura científica en el contexto provincial.

Tabla 2. Principales técnicas y procedimientos utilizados en el análisis forense de evidencias biológicas en delitos sexuales y su utilidad.

N.º	Autor/Año	Hallazgo biológico	Análisis forense realizado	Hallazgo principal	Contribución en el esclarecimiento de delitos sexuales
1	Rodríguez et al.[40], 2019	Semen	Integración de pruebas presuntivas (fosfatasa ácida), confirmatorias (RSID-Semen) y perfil de ADN	La combinación de pruebas aumentó la detección de semen y permitió obtener perfiles genéticos útiles.	Fortalece la identificación del agresor mediante evidencia seminal.
2	Sakurada et al.[27], 2020	Saliva, semen y fluido vaginal	Comparación de pruebas presuntivas, confirmatorias e inmunológicas	La combinación de métodos incrementó la precisión en la identificación de fluidos biológicos.	Permite confirmar el origen de la evidencia encontrada en delitos sexuales.
3	Cabezas y Chango[41], 2023	Semen	Comparación de tinciones Diff Quick, Gram, Panóptico y Papanicolaou	Diff Quick y Christmas Tree mostraron mejor visualización de espermatozoides.	Facilita la confirmación microscópica de semen como evidencia biológica.
4	Tarco[46], 2023	Semen	Métodos inmunológicos y tinciones para identificación de espermatozoides	La utilización conjunta de PSA y tinciones mejora la sensibilidad diagnóstica.	Incrementa la confiabilidad del análisis seminal.
5	Leyva et al.[43], 2025	Semen	Revisión de la proteína P30 como marcador seminal	La proteína P30 presentó alta especificidad para confirmar la presencia de semen.	Favorece la confirmación de agresión sexual cuando no se observan espermatozoides.

6	Castillo y Cortés[37], 2019	Sangre	Validación experimental de la prueba confirmatoria de Takayama	La prueba confirmó eficazmente manchas de sangre.	Permite identificar evidencia hemática útil para la reconstrucción de los hechos.
7	Nakanishi et al.[39], 2020	Sangre	Luminol y Leucomalachite Green; identificación de sangre humana; análisis de ADN y STR	Se logró detectar e identificar manchas de sangre y obtener perfiles genéticos incluso después del lavado de las prendas.	Permite detectar y caracterizar evidencia hemática y complementar su valor con el análisis genético
8	Medina-Paz et al.[18], 2024	Sangre y semen	Recuperación de ADN en muestras almacenadas sobre diferentes tejidos	Fue posible recuperar ADN útil incluso después de tres meses de almacenamiento.	Demuestra la importancia de la conservación adecuada de las evidencias.
9	Kumar N.[10], 2021	Sangre, semen y otras evidencias biológicas,	Evaluación del manejo y preservación de evidencia biológica para análisis de ADN	El manejo inadecuado puede ocasionar pérdida o disminución del valor probatorio de la evidencia	Resalta la importancia de una adecuada recolección, preservación y manejo de las evidencias biológicas.
10	Cáceres Manzano et al.[45], 2024	Semen (proteína p30) y espermatozoides	Detección de proteína p30 y rastreo microscópico de espermatozoides en evidencias conservadas	Las muestras conservadas entre 1 y 5 años mantuvieron resultados positivos para proteína p30 y presencia de espermatozoides cuando fueron preservadas adecuadamente.	Demuestra que una correcta conservación de las evidencias biológicas permite mantener su valor probatorio para posteriores análisis forenses

Análisis e interpretación

La revisión de los estudios incluidos en la Tabla 2 evidencia que el análisis forense de evidencias biológicas en delitos sexuales comprende diferentes técnicas y procedimientos, cuya aplicación depende del tipo de muestra y del objetivo del análisis. En las evidencias de semen, Rodríguez et al.[40] y Sakurada et al.[27] muestran la utilidad de combinar pruebas presuntivas y confirmatorias para orientar y confirmar la identificación del fluido biológico. De manera complementaria, Cabezas Arévalo y Chango[41] y Tarco[46] emplearon diferentes tinciones y métodos inmunológicos para la identificación de espermatozoides, evidenciando que la combinación de procedimientos puede favorecer la caracterización de las evidencias seminales.

En relación con la sangre, Castillo y Cortés[37] demostraron la utilidad de la prueba confirmatoria de Takayama para la identificación de manchas hemáticas, mientras que Nakanishi et al.[39] incorporaron procedimientos de identificación de sangre junto con el análisis de ADN y STR, permitiendo complementar la identificación del indicio con información genética. Por otra parte, Medina-Paz et al.[18] evidenciaron que es posible recuperar ADN de muestras de sangre y semen almacenadas durante períodos prolongados, lo que resalta la importancia de las condiciones de conservación de las evidencias.

Asimismo, Leyva et al.[43] analizaron la proteína P30 como marcador de semen, mientras que Cáceres Manzano et al.[45] evaluaron la detección de esta proteína y la identificación microscópica de espermatozoides en evidencias conservadas. Estos estudios muestran que existen diferentes alternativas para confirmar la naturaleza de una evidencia seminal, especialmente cuando la observación microscópica de espermatozoides no resulta suficiente.

En conjunto, los estudios revisados permiten establecer que las técnicas forenses cumplen funciones diferentes pero complementarias: las pruebas presuntivas permiten orientar la identificación, las pruebas confirmatorias permiten establecer con mayor certeza la naturaleza del fluido, y los análisis de ADN permiten obtener información genética que complementa la caracterización de la evidencia. Por tanto, la selección y combinación adecuada de los procedimientos constituye un elemento relevante para mejorar la utilidad de las evidencias biológicas en la investigación de delitos sexuales.

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que no existe una única técnica aplicable al análisis de las evidencias biológicas relacionadas con delitos sexuales, sino que los procedimientos pueden complementarse de acuerdo con el tipo de indicio y las características de la muestra. Rodríguez et al.[40] y Sakurada et al.[27] coinciden en la utilidad de combinar pruebas presuntivas y confirmatorias para la identificación de fluidos biológicos. Esta coincidencia es relevante, debido a que permite diferenciar la orientación inicial de una investigación de la confirmación de la naturaleza del indicio.

En el caso de las evidencias seminales, Cabezas Arévalo y Chango[41] y Tarco[46] utilizaron estrategias diferentes para la identificación de espermatozoides. Mientras que Cabezas Arévalo y Chango[41] compararon diferentes tinciones, Tarco[46] empleó métodos inmunológicos y tinciones, lo que evidencia que existen diferentes alternativas metodológicas para el análisis microscópico de este tipo de evidencia. A su vez, Leyva et al.[43] y Cáceres Manzano et al.[45] coinciden en la utilidad de la proteína P30 como marcador de semen, particularmente cuando la identificación de espermatozoides puede presentar dificultades.

Para las evidencias hemáticas, Castillo y Cortés[37] demostraron la utilidad de la prueba de Takayama, mientras que Nakanishi et al.[39] integraron la identificación de sangre con el análisis de ADN y STR. Esta diferencia evidencia que el análisis forense puede avanzar desde la identificación del tipo de fluido hacia la obtención de información genética, permitiendo una caracterización más completa de la evidencia.

Por otra parte, Medina-Paz et al.[18] y Kumar et al.[10] destacan la importancia de las condiciones de conservación y manejo de las muestras. Mientras Medina-Paz et al.[18] demostraron la posibilidad de recuperar ADN después de períodos prolongados de almacenamiento, Kumar et al.[10] evidenciaron que un manejo inadecuado puede afectar la obtención de perfiles genéticos. Estos resultados permiten considerar que la utilidad de las técnicas analíticas depende no solo de su capacidad para identificar una evidencia, sino también de las condiciones en las que esta es recolectada, conservada y procesada.

En conjunto, los estudios revisados coinciden en que la aplicación complementaria de diferentes técnicas permite obtener información más completa de las evidencias biológicas. Por ello, para la investigación de delitos sexuales resulta relevante contar con procedimientos que permitan avanzar desde la detección e identificación del fluido hasta su caracterización y, cuando sea posible, la obtención de un perfil genético. En el contexto de la provincia de Chimborazo, estos hallazgos permiten reconocer la utilidad de los diferentes procedimientos descritos en la literatura y constituyen un referente para fortalecer su aplicación dentro del análisis de evidencias biológicas.

Tabla 3. Categorización de las limitaciones técnicas, legales e institucionales en el manejo, análisis de evidencias biológicas y áreas críticas a fortalecer.

N°	Autor (es) y año	Limitaciones en el manejo y análisis de evidencias biológicas	Áreas críticas a fortalecer
1	Góngora[71]; 2023	La eficacia de las pruebas depende del manejo correcto de los vestigios biológicos y de procedimientos especializados	Técnica
2	Loyola, L et al.[73]; 2026	Existen brechas tecnológicas y regulatorias para implementar tecnologías avanzadas de biología forense.	Técnica e institucional
3	Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses[67]; 2018	La necesidad de acreditación evidencia la importancia de garantizar calidad y confiabilidad en los análisis de ADN.	Institucional
4	Acurio, G y Vasquez[79]; 2025	Existen dificultades normativas para la protección efectiva de la evidencia biológica en delitos sexuales.	Legal
5	Maldonado[70]; 2022	La alteración o incumplimiento de la cadena de custodia afecta la validez de la prueba.	Legal
6	Lema[14]; 2026	Se evidencian dificultades en la aplicación efectiva de la normativa vigente dentro de la práctica forense.	Legal e institucional
7	Álvarez[72]; 2017	La falta de capacitación y control puede comprometer la integridad de las evidencias.	Institucional
8	Cáceres, A. et al.[55];2025	La recolección inmediata de evidencia biológica constituye un desafío operativo frecuente.	Técnica
9	Yaranga, Y. et al.[49] ; 2024	Persisten dificultades en la valoración y utilización de la prueba científica dentro del proceso judicial.	Legal
10	Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses[34]; 2018	La disponibilidad de laboratorios especializados y personal capacitado condiciona la calidad de las pericias biológicas.	Institucional

Análisis e interpretación

La revisión de la literatura permitió identificar limitaciones técnicas, legales e institucionales que pueden influir en el manejo y análisis de evidencias biológicas relacionadas con delitos sexuales. Estas dificultades se encuentran relacionadas entre sí, puesto que las condiciones en las que se obtiene y procesa una muestra pueden repercutir en la confiabilidad de los resultados y en su utilidad durante la investigación judicial.

En el ámbito técnico, los aportes de Góngora[71] y Cáceres et al.[55] permiten comprender que las actuaciones realizadas al inicio de una investigación son determinantes para el trabajo posterior en el laboratorio. Estas etapas requieren procedimientos apropiados para evitar que las condiciones de la muestra dificulten su análisis. Por otra parte, Loyola et al.[73] permiten ampliar esta perspectiva al considerar los desafíos que implica incorporar nuevas herramientas en los procedimientos forenses. En conjunto, estos hallazgos muestran que la calidad del análisis también depende de la capacidad para adaptar los procedimientos a las necesidades de cada investigación.

Respecto a las limitaciones legales, Acurio y Vásquez[79] permiten examinar los desafíos que existen para garantizar la protección jurídica de las evidencias en los delitos sexuales, mientras que Maldonado[70] destaca las consecuencias que pueden derivarse de las irregularidades durante la cadena de custodia. A su vez, Lema[14] permite considerar las dificultades que surgen al trasladar las disposiciones normativas a la práctica forense. Estos aportes muestran que la protección de la evidencia debe mantenerse durante todo el procedimiento, desde su obtención hasta su incorporación en la investigación judicial. Asimismo, Yaranga et al.[49] amplían el análisis al ámbito judicial, donde la interpretación de los resultados científicos puede influir en la manera en que estos contribuyen al esclarecimiento de los hechos.

En cuanto a las limitaciones institucionales, las referencias del Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses[34,67] permiten analizar la importancia de los mecanismos de aseguramiento de la calidad y de las capacidades disponibles para realizar las pericias. Estos aspectos se complementan con los aportes de Álvarez[72], que permiten reconocer la influencia de la preparación del personal y de la supervisión de los procedimientos en el trabajo forense. De esta manera, el desempeño de las instituciones se relaciona tanto con sus recursos técnicos como con la organización del trabajo y las condiciones necesarias para mantener procedimientos confiables.

En conjunto, los hallazgos permiten reconocer tres dimensiones que intervienen en el manejo y análisis de evidencias biológicas: técnica, legal e institucional. Su relación permite comprender que las dificultades no se limitan a una etapa específica, sino que pueden repercutir en el desarrollo de toda la investigación. Esta interpretación constituye una referencia documental para identificar aspectos que requieren atención y analizar las necesidades de fortalecimiento en el contexto de la provincia de Chimborazo.

Discusión

Los hallazgos de la revisión bibliográfica permiten comprender que las limitaciones en el análisis forense de fluidos biológicos no se presentan de manera aislada, sino que pueden relacionarse a lo largo del proceso investigativo. Los aportes revisados abarcan desde el manejo inicial de las muestras hasta la utilización de los resultados científicos en el ámbito judicial. Al relacionarlos, se evidencia que la confiabilidad de la prueba depende tanto de la calidad de los procedimientos técnicos como de las condiciones legales e institucionales que permiten preservar la evidencia y respaldar su valor dentro de la investigación de delitos sexuales.

En las dificultades técnicas, Góngora[71] y Cáceres et al.[55] destacan aspectos relacionados con el manejo y la recolección de las evidencias biológicas, mientras que Loyola et al.[73] incorpora los desafíos asociados con la implementación de tecnologías y procedimientos actualizados. Estos aportes se complementan porque la calidad del análisis comienza con una obtención y manipulación adecuadas de la muestra, pero también requiere recursos que permitan procesarla de acuerdo con las necesidades de cada caso. Por ello, la incorporación de nuevas tecnologías no representa por sí sola una solución si no está acompañada de procedimientos apropiados y personal capaz de utilizarlas. Esta relación permite considerar que el fortalecimiento técnico debe abarcar tanto las primeras etapas del manejo de la evidencia como su posterior procesamiento en el laboratorio.

En la dimensión legal, los aportes de Acurio[79] y Vásquez y Maldonado[70] permiten analizar dos aspectos vinculados: la protección de las evidencias biológicas y el mantenimiento de su integridad durante el procedimiento. Esta relación adquiere mayor relevancia al considerar a Lema[14], cuyo aporte permite identificar que las disposiciones legales también enfrentan dificultades al aplicarse en el trabajo forense. De este modo, el problema no se limita a la existencia de normas o a la definición de responsabilidades, sino que comprende la correspondencia entre lo establecido legalmente y las actuaciones realizadas durante la investigación. A su vez, Yaranga et al.[49] trasladan esta problemática al ámbito judicial, donde los resultados científicos deben ser valorados dentro del proceso. En conjunto, estos autores permiten interpretar que la utilidad de una evidencia biológica no depende únicamente de obtener un resultado analítico, sino de que la muestra conserve su integridad y que las actuaciones realizadas permitan sustentar su incorporación y valoración judicial.

Las dificultades legales también estan ligadas a las condiciones de las instituciones donde se realiza el trabajo forense. Sobre este tema, la documentación del Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses examina dos aspectos complementarios: por un lado, la referencia[67] aborda la acreditación y la confiabilidad de las pruebas de ADN, mientras que por otro la referencia[34] se enfoca en contar con laboratorios especializados y personal capacitado. Ambos puntos se conectan entre sí, pues no basta con tener los recursos para hacer las pericias, sino que se requiere garantizar la calidad de los procedimientos.

Esta relación coincide con el aporte de Álvarez[72] , quien destaca la importancia de la capacitación y la supervisión, con Loyola et al.[73], quien señala los retos institucionales que surgen al implementar nuevas tecnologías. Asimismo, los aportes de Lema[14] ayudan a relacionar estas condiciones con la aplicación de las leyes, ya que cumplir los procedimientos exige que las instituciones tengan infraestructura, personal y una buena organización. De esta forma, las fortalezas y limitaciones de las instituciones influyen tanto en la realización de los análisis como en la posibilidad de cumplir con las exigencias técnicas y legales.

Al considerar las tres dimensiones en conjunto, se observa que las limitaciones de una pueden repercutir en las demás. Una muestra recolectada o manipulada inadecuadamente puede afectar el análisis posterior; a su vez, la falta de recursos, capacitación o controles puede dificultar la aplicación de los procedimientos requeridos. Por tanto, los aportes revisados muestran que mejorar una etapa del proceso no necesariamente resuelve las dificultades existentes si no se consideran también las condiciones que intervienen en las otras. El fortalecimiento de la investigación forense requiere, en consecuencia, una respuesta articulada que contemple el manejo técnico de las muestras, el cumplimiento de las disposiciones legales y las capacidades de las instituciones responsables.

Finalmente, durante la revisión se identificó una disponibilidad limitada de publicaciones centradas específicamente en las condiciones técnicas, legales e institucionales del manejo y análisis de evidencias biológicas en la provincia de Chimborazo. Esta limitación restringe la posibilidad de establecer conclusiones específicas sobre la realidad provincial a partir de la literatura consultada. No obstante, los aportes analizados permiten reconocer aspectos que requieren mayor atención y que podrían orientar futuras investigaciones en el contexto local. En particular, sería pertinente profundizar en las condiciones de recolección, procesamiento y conservación de los fluidos biológicos, así como en los recursos institucionales y los procedimientos legales que intervienen en su utilización dentro de las investigaciones por delitos sexuales.

CONCLUSIONES

- La revisión de la literatura científica y documental permitió identificar que los principales fluidos biológicos de interés forense en la investigación de delitos sexuales son el semen, la saliva, la sangre, la orina y las secreciones vaginales. Su identificación y análisis permiten obtener información útil para la caracterización de los indicios y la obtención de perfiles genéticos. Asimismo, se evidenció una limitada disponibilidad de estudios específicos desarrollados en la provincia de Chimborazo, lo que resalta la necesidad de fortalecer la generación de conocimiento forense adaptado al contexto provincial.

- El análisis de la información recopilada permitió establecer que las pruebas presuntivas y confirmatorias, junto con los procesos de extracción, cuantificación, amplificación y obtención de perfiles genéticos, cumplen funciones complementarias en el procesamiento de las evidencias biológicas. La utilidad de estos procedimientos depende de una adecuada recolección, manipulación, embalaje, transporte y conservación de los indicios, así como del mantenimiento de la cadena de custodia.

- La revisión documental evidenció como principales limitaciones la contaminación, degradación y pérdida del material biológico, además de factores relacionados con el manejo de las evidencias, la disponibilidad de recursos y la capacitación especializada. Estas condiciones pueden afectar la calidad y confiabilidad de los resultados, por lo que se considera necesario fortalecer los procedimientos de manejo de evidencias biológicas, la capacitación del personal y la aplicación de normativas y protocolos forenses en la provincia de Chimborazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Saferstein R, Roy T. Criminalistics: An Introduction to Forensic Science. 13th ed. Pearson Education Limited; 2021. 410 p.
2. Macfarlane D, Roca G, Stadler C, Zapico SC. The Mystery of the Hidden Trace: Emerging Genetic Approaches to Improve Body Fluid Identification. Genes (Basel). 2026 Feb 1;17(2). doi:10.3390/GENES17020146 PubMed PMID: 41751530.
3. Kayser M. Genética forense en la era ómica. Nat Rev Genet. 2026;170–86. doi:10.1038/s41576-026-00953-3 PubMed PMID: 41862609.
4. Krug EG, Dahlberg LL, Mercy J a, Zwi AB, Lozano R. Informe mundial sobre la violencia y la salud. Organización Mundial de la salud. 2016;380.
5. Asamblea Nacional del Ecuador. Código Orgánico Integral Penal [Internet]. Quito; 2017 [cited 2026 May 17]. Available from: https://www.defensa.gob.ec/
6. European Network of Forensic Science Institutes. Manual de buenas prácticas para los exámenes forenses de escritura manuscrita [Internet]. 2022 Sep. Available from: www.enfsi.eu
7. Calderon M, Cortez-Vergara C, Brown L, Lowe H, Abarca B, Rondon M, et al. Assessing essential service provision for prevention and management of violence against women in a remote indigenous community in Amantaní, Peru. Int J Equity Health. 2023 Dec 1;22(1). doi:10.1186/S12939-023-02012-3 PubMed PMID: 37789397.
8. Fiscalía General del Estado. Estadísticas de violencia sexual [Internet]. 2017 [cited 2026 Apr 12]. Available from: https://www.fiscalia.gob.ec/
9. United Nations Office on Drugs and Crime. Guidance for the use of forensic DNA analysis in criminal investigations. UNODC [Internet]. 2019 [cited 2026 Apr 12]. Available from: https://www.unodc.org/documents/scientific/Forensic_DNA_Analysis.pdf
10. Kumar N, Puri P, Shukla SK, Verma D. Impact of poor evidence management on DNA profiling in sexual assault and homicide: A case report. Medico-Legal Journal. 2021 Mar 1;89(1):58–60. doi:10.1177/0025817220966487;JOURNAL:JOURNAL:MLJC;WGROUP:STRING:PUBLICATION PubMed PMID: 33475030.
11. Roux C, Bucht R, Crispino F, De Forest P, Lennard C, Margot P, et al. The Sydney declaration – Revisiting the essence of forensic science through its fundamental

principles. Forensic Sci Int. 2022 Mar 1;332. doi:10.1016/j.forsciint.2022.111182 PubMed PMID: 35074711.

12. Gisbert Grifo Marina, Luna Maldonado Aurelio, Castellano Arroyo M. Medicina legal y toxicología. 8.ª ed. Elsevier; 2024.
13. Jobling MA, Gill P. Encoded evidence: DNA in forensic analysis. Nat Rev Genet. 2004;5(10):739–51. doi:10.1038/NRG1455 PubMed PMID: 15510165.
14. Lema Taday LA. La Cadena de Custodia en Delitos Flagrantes: Desafíos y Estrategias para su Optimización en el Procedimiento Penal Ecuatoriano. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2026 Apr 6;10(2):1105–28. doi:10.37811/CL_RCM.V10I1.23171
15. Organización Internacional de Normalización. Norma ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. 2017.
16. UN Women. Essential services package for women and girls subject to violence. In. New York; 2016 [cited 2026 May 14]. Available from: https://www.unwomen.org/es/digital-library/publications/2015/12/essential-services-package-for-women-and-girls-subject-to-violence
17. Mohd Nasir A, Mohd Kamal NHN, Hamzah NH. Forensic Reliability of Body Fluids in Sexual Assault Investigations: A Systematic Review. Analytica 2026, Vol 7, Page 21. 2026 Mar 10;7(1):21. doi:10.3390/ANALYTICA7010021
18. Medina-Paz F, Kuba B, Kryvorutsky E, Roca G, Zapico SC. Assessment of Blood and Semen Detection and DNA Collection from Swabs up to Three Months after Deposition on Five Different Cloth Materials. Int J Mol Sci. 2024 Mar 1;25(6):3522. doi:10.3390/IJMS25063522/S1 PubMed PMID: 38542494.
19. Afolabi OA, Roeder AD, Iyengar A, Hadi S. Evaluation of genetic markers for forensic identification of human body fluids. Forensic Sci Int Genet Suppl Ser. 2017 Dec 1;6:e241–3. doi:10.1016/J.FSIGSS.2017.09.098
20. Nuñez Rodriguez J, Dactilar LH, Presente S. Aportes de la hematología al campo forense: pruebas de orientación y de certeza. Skopein: La justicia en manos de la Ciencia, ISSN-e 2346-9307, Nº 13, 2016 (Ejemplar dedicado a: 3er Aniversario) [Internet]. 2016 [cited 2026 May 4];(13):3. Available from: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5644545&info=resumen&idioma=SPA

21. Shandil A, Ranian Kumar S, Ranjan K, Gambhir Singh O. Blood & blood stains in criminal investigation: A forensic perspective. IP International Journal of Forensic Medicine and Toxicological Sciences. 2025 Jul 19;8(4):145–7. doi:10.18231/J.IJFMTS.2023.031
22. Mason MM, Schuppe K, Weber A, Gurayah A, Muthigi A, Ramasamy R. Ejaculation: the Process and Characteristics From Start to Finish. Curr Sex Health Rep. 2022 Mar 1;15(1):1. doi:10.1007/S11930-022-00340-Z PubMed PMID: 36908762.
23. Borisov A V., Snegerev MS, Colón-Rodríguez S, Fikiet MA, Lednev IK, Kistenev Y V. Identification of semen traces at a crime scene through Raman spectroscopy and machine learning. Sci Rep. 2024 Dec 1;14(1). doi:10.1038/S41598-024-73563-W PubMed PMID: 39367107.
24. Rado Castillo DR, Sauñe Intriagoa AÑ, Garay Gamboa HS, Cabrera Munares K, Valenzuela Ramo MR. La importancia de la saliva para la salud [Internet]. Vol. 4. 2023 [cited 2026 May 4];4. Available from: https://revistamedical.com/index.php/whj/article/view/40/35
25. Vidal RAT, Vidal RAT, Quispe LFM, Aduviri DMT, Cutipa LXH, Palacios PPB, et al. Saliva: control nervioso, composición y función. Revista Médica Basadrina. 2021 Mar 4;15(1):67–74. doi:10.33326/26176068.2021.1.1035
26. Sim M, Logan S, Goh LH. Vaginal discharge: evaluation and management in primary care. Singapore Med J. 2020 Jun 1;61(6):297. doi:10.11622/SMEDJ.2020088 PubMed PMID: 32754764.
27. Sakurada K, Watanabe K, Akutsu T. Current Methods for Body Fluid Identification Related to Sexual Crime: Focusing on Saliva, Semen, and Vaginal Fluid. Diagnostics (Basel). 2020 Sep 1;10(9). doi:10.3390/DIAGNOSTICS10090693 PubMed PMID: 32937964.
28. Bell S. Forensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques. 6th ed. CRC Press, editor. CRC Press; 2025. 614 p.
29. Hernández C. Resumen de efecto del tiempo y la temperatura en la viabilidad del ADN en la perfilación genética de muestras de sangre. Archivos de Criminología, Seguridad Privada y Criminalística, ISSN-e 2007-2023, Nº 14 (enero-julio), 2015, págs 11-12 [Internet]. 2025 [cited 2026 May 4];2(14):11–2. Available from: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5032768&info=resumen&idioma=ENG

30. La Frenierre J, Mark BG. Detecting Patterns of Climate Change at Volcán Chimborazo, Ecuador, by Integrating Instrumental Data, Public Observations, and Glacier Change Analysis. Ann Am Assoc Geogr. 2017 Jul 4;107(4):979–97. doi:10.1080/24694452.2016.1270185
31. Baker LB, Engel MD, Wolfe AS. Biomarcadores del sudor y sus aplicaciones en las ciencias del deporte. Sports Science Exchange. 2022.
32. Gouello A, Henry L, Chadli D, Salipante F, Gibert J, Boutet-Dubois A, et al. Evaluation of the Microbiome Identification of Forensically Relevant Biological Fluids: A Pilot Study. Diagnostics (Basel). 2024 Jan 1;14(2). doi:10.3390/DIAGNOSTICS14020187 PubMed PMID: 38248064.
33. Fiscalía General del Estado. Instructivo para la toma de muestras biológicas [Internet]. 2026 [cited 2026 May 15]. Available from: https://www.fiscalia.gob.ec/wp-content/uploads/2014/08/files_archivos%20AC_COIP%20073%20FGE_Area%20de%20Cadena%20de%20Custodia_6__Instructivo_para_la_toma_de_muestras_biologicas.pdf
34. Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Procedimientos, análisis, técnicas de la investigación técnico-científica especializada en medicina legal y ciencias forenses. Quito; 2018.
35. Meisari S, Lestari TD, Legowo D, Widiyatno TV, Hestianah EP, Wahjuni RS, et al. Identification of different blood concentration of domestic cat (Felis catus) with Leucomalachite Green and Takayama reagent. Open Vet J. 2024;14(10):2609. doi:10.5455/OVJ.2024.V14.I10.10 PubMed PMID: 39545183.
36. Singh R. Narration and Legacy of Important Chemical Spot Tests in Forensic Investigation. Crit Rev Anal Chem. 2020;1–18. doi:10.1080/10408347.2020.1785837 PubMed PMID: 32654497.
37. Castillo N, Cortes J. Validación de la prueba confirmativa de Takayama para identificación de sangre en manchas. Ciencia y Tecnología . 2019;24.
38. Kumar A, Singh J. Significance of Blood and its Identification: A Perspective in Forensic Investigation. Vigyan Varta [Internet]. 2020. Available from: www.vigyanvarta.com
39. Nakanishi H, Ohmori T, Yoneyama K, Hara M, Takada A, Saito K. Bloodstain examination and DNA typing from hand-washed bloodstains on clothes. Leg Med. 2020 Nov 1;47. doi:10.1016/j.legalmed.2020.101758 PubMed PMID: 32702606.

40. Rodriguez J, Calacal GC, Laude RP, De Ungria MCA. Integrating presumptive and confirmatory semen tests into DNA profiling of sexual assault evidence: a Philippine example. Egypt J Forensic Sci. 2019 Dec 1;9(1). doi:10.1186/S41935-019-0149-Z
41. Cabezas Arévalo MR, Chango Gadvay MV. Identificación de espermatozoides mediante tinciones Diff Quick, Gram, Panóptico y Papanicolau y su posible aplicación en la Investigación Forense. Anatomía Digital. 2023 Jun 8;6(2):128–51. doi:10.33262/anatomiadigital.v6i2.2567
42. Sapan Ü, Ünsal Sapan T, Hersekli İ. Forensic analysis of mixed semen and vaginal fluids via ATR-FTIR spectroscopy for identification purposes in sexual aggression cases. Bulletin of the National Research Centre 2025 49:1. 2025 Jul 7;49(1):40-. doi:10.1186/S42269-025-01334-2
43. Leyva L, Ramírez Verdezoto LR, Pérez-Vaca KA, Baño-Suarez PN, Donoso-Mosquera DA. Proteína P30 en la investigación forense de delitos sexuales: una revisión de la literatura. Revista Cientifica Multidisciplinaria de la Universidad Metropolitana de Ecuador [Internet]. 2025 [cited 2026 May 17]. Available from: https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/1120/1042
44. Vaca L, Parco E. Determinación de sangre humana en máculas producidas por asesinatos que se investigaron en el Centro Forense Tungurahua cinco años después de su primer análisis para confirmar la inalterabilidad de los resultados durante el periodo diciembre 2015 - mayo 2016 [Internet]. [Riobamba, Ecuador]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2016 [cited 2026 Aug 8]. Available from: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1995/1/UNACH-EC-LAB-CLIN-2016-0016.pdf
45. Cáceres Manzano VP, Cáceres Manzano CA, Coronel Maji JR, Uñez Vaca AF. Conservación de muestras biológicas en delitos sexuales. Anatomía Digital. 2024 Jul 5;7(2.2):6–22. doi:10.33262/anatomiadigital.v7i2.2.3051
46. Tarco Chinlle DG. Métodos inmunológicos y de tinciones para la identificación de espermatozoides en muestras de delitos sexuales [Internet]. 2023 Jun 2 [cited 2026 Jul 3]. Available from: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11068
47. McKiernan HE, Danielson PB, Brown CO, Signaevsky M, Westring CG, Legg KM. Developmental validation of a multiplex proteomic assay for the identification of forensically relevant biological fluids. Forensic Sci Int. 2021 Sep 1;326:110908. doi:10.1016/J.FORSCIINT.2021.110908 PubMed PMID: 34311288.

48. Floyd S, Anderson J. Opinión del Comité de ACOG n.° 777: Agresión sexual. Obstetricia y Ginecología. 2019 Apr 1;133(4):E296–302. doi:10.1097/AOG.0000000000003178 PubMed PMID: 30913202.
49. Yaranga Serrano YM, Ramos Suyo JA, Aponte Mariño CE, Mesajil Yaranga MF. Medios probatorios en los delitos sexuales. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía. 2023 Aug 15;8(1):467–82. doi:10.35381/R.K.V8I1.2803
50. National Institute of Justice. Procedures for Sexual Assault Evidence [Internet]. 2023 [cited 2026 Aug 8]. Available from: https://nij.ojp.gov/nij-hosted-online-training-courses/what-every-investigator-and-evidence-technician-should-know/officer-responsibilities/collect-package/procedures-sexual-assault-evidence
51. Fiscalía General del Estado. Área de Cadena de Custodia [Internet]. 2026 [cited 2026 May 15]. Available from: https://www.fiscalia.gob.ec/area-de-cadena-de-custodia/?utm_source
52. OSAC Human Forensic Biology Subcommittee. Human Forensic DNA Analysis (Current Practice): Process Map [Internet]. 22AD [cited 2026 Aug 8]. Available from: https://www.nist.gov/document/osac-human-forensic-dna-analysis-process-mapmay-2022?utm_source=
53. Fiscalía General del Estado del Ecuador. Manuales - Sistema Especializado Integral de Investigación, Medicina Legal y Ciencias Forenses. Registro Oficial Suplemento No. 318. 2017.
54. Ministerio de Gobierno. Policía Nacional investiga hallazgo de osamentas en las orillas del río Paute. [Internet]. 2019 [cited 2026 Jul 6]. Available from: https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/policia-nacional-investiga-hallazgo-de-osamentas-en-las-orillas-del-rio-paute/
55. Cáceres Lobato AA, Moncayo Molina WE. Aplicación de técnicas serológicas en la identificación de víctimas y sospechosos en escenas del crimen. VitalyScience [Internet]. 2025 [cited 2026 Jul 2]. Available from: https://vitalyscience.com/ojs/index.php/nos/article/view/43/R6A8P
56. Fonneløp AE, Johannessen H, Egeland T, Gill P. Contamination during criminal investigation: Detecting police contamination and secondary DNA transfer from evidence bags. Forensic Sci Int Genet. 2016 Jul 1;23:121–9. doi:10.1016/j.fsigen.2016.04.003 PubMed PMID: 27100680.

57. Pickrahn I, Kreindl G, Müller E, Dunkelmann B, Zahrer W, Cemper-Kiesslich J, et al. Contamination incidents in the pre-analytical phase of forensic DNA analysis in Austria—Statistics of 17 years. Forensic Sci Int Genet. 2017 Nov 1;31:12–8. doi:10.1016/j.fsigen.2017.07.012 PubMed PMID: 28843849.
58. Alvear Calle AE. Análisis de la ruptura de la cadena de custodia en el sistema judicial penal ecuatoriano. Repositorio Digital USFQ [Internet]. 2022 Nov 20 [cited 2026 May 15]. Available from: http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/12264
59. Dash HR, Das S. Microbial Degradation of Forensic Samples of Biological Origin: Potential Threat to Human DNA Typing. Mol Biotechnol. 2018 Feb 1;60(2):141–53. doi:10.1007/S12033-017-0052-5 PubMed PMID: 29214499.
60. García Y. Manchas de semen [Internet]. 2020 [cited 2026 Aug 8]. Available from: https://cecacyc-oficial.wixsite.com/cecacyc/post/manchas-de-semen
61. Chiliquinga G, Pérez W. Servicio de Acreditación Ecuatoriano CR EA15 [Internet]. 2019 [cited 2026 May 15]. Available from: www.acreditacion.gob.ec
62. Choung CM, Lee JW, Park JH, Kim CH, Park HC, Lim SK. A forensic case study for body fluid identification using DNA methylation analysis. Leg Med. 2021 Jul 1;51. doi:10.1016/j.legalmed.2021.101872 PubMed PMID: 33836410.
63. Hussein RF, El Mahdy SM, Saged NM, Rashed L, Ghaleb SS. Identification of body fluids—menstrual blood, saliva, and nasal secretions—over different periods of time, using mRNA. Egyptian Journal of Forensic Sciences 2021 11:1. 2021 Dec 2;11(1):42-. doi:10.1186/S41935-021-00256-0
64. Finnis J, Murphy C, Davidson G, Alexander K, Lewis J, Boyce M, et al. Enzyme activity, DNA degradation and drying times of semen, saliva and vaginal material. Science and Justice. 2023 Nov 1;63(6):663–70. doi:10.1016/j.scijus.2023.09.001 PubMed PMID: 38030337.
65. Fiscalía General del Estado. La genética forense, una herramienta decisiva para la investigación penal [Internet]. 2026 [cited 2026 May 17]. Available from: https://www.fiscalia.gob.ec/la-genetica-forense-una-herramienta-decisiva-para-la-investigacion-penal/
66. Sandoval Vallejo VD. Recolección y preservación de indicios biológicos para obtener ADN en violación sexual a mujeres [Internet]. [Quito]: Repositorio Digital USFQ ; 2022 [cited 2026 May 17]. Available from: http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/12496

67. Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Noticias [Internet]. 2018 [cited 2026 May 17]. Primeros Laboratorios Forenses Acreditados en Ecuador. Available from: https://www.cienciasforenses.gob.ec/primeros-laboratorios-forenses-acreditados-en-ecuador/?utm_source
68. Asamblea Nacional República del Ecuador. Sala de prensa [Internet]. 2025 [cited 2026 May 17]. Fiscalía registra 86.962 denuncias por delitos contra la integridad sexual entre 2015 y 2025. Available from: https://www.asambleanacional.gob.ec/es/noticia/108168-fiscalia-registra-86962-denuncias-por-delitos-contra-la?utm_source
69. Asamblea Nacional del Ecuador. Consejo de la Judicatura registra 15.724 procesos por violencia contra niñas, niños y adolescentes entre 2014 y 2025 [Internet]. 2025 [cited 2026 Aug 9]. Available from: https://www.asambleanacional.gob.ec/es/noticia/108138-consejo-de-la-judicatura-registra-15724-procesos-por
70. Maldonado JA. Violación de la cadena de custodia a pruebas de ADN en los delitos contra la integridad sexual en el cantón machala [Internet]. [Machala]: Universidad Tecnica de Machala; 2022 [cited 2026 Jul 2]. Available from: https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/814fff13-55d3-4400-b838-18dd3d1d555b/content
71. Góngora Reyes ED. El ADN como medio probatorio para justificar los delitos sexuales. Riobamba; 2023.
72. Álvarez Guamán OP. La cadena de custodia en el sistema penal ecuatoriano. [Cuenca]: Universidad de Cuenca; 2017.
73. Loyola Encalada LA, Méndez Cabrera BM, García Herrera EG. Genética forense en el Ecuador: aplicaciones, avances y limitaciones [Internet]. Vol. 7. 2026 Mar 31;7. doi:https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nE1/1374
74. Universidad Insurgentes. Análisis de los principales fluidos corporales en criminalística [Internet]. 2020 [cited 2026 May 17]. Available from: https://repositorio.scalahed.com/recursos/files/r171r/w27014w/SerologiaForense_Ant_B5_C.pdf
75. Alvarado-Vélez JA, Silva-Conde DI, Medina-Garcés GY, Mejía-Chávez V. Justice for rural women: An exploratory analysis of institutions and mechanisms to access justice

in Chimborazo, Ecuador. Heliyon. 2024 Mar 30;10(6). doi:10.1016/j.heliyon.2024.e28234

76. Jarrín MRV, Samaniego C del RV, Armijos L th CE, Carrasco CDG. Chemical Submission in Sexual Offenses, Chimborazo, May-October 2020. Anatomía Digital. 2023 Dec 28;6(4.3):841–52. doi:10.33262/anatomiadigital.v6i4.3.2851
77. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Encuesta Nacional sobre Relaciones Familiares y Violencia de Género contra las Mujeres (ENVIGMU 2019): Chimborazo. Quito; 2019.
78. Maldonado Mejpia NA. La violación sexual previa en las mujeres víctimas del delito de femicidio dentro la legislación penal ecuatoriana. Riobamba; 2024.
79. Mena Acurio GA, Reinoso Vásquez HR. La Cadena de Custodia en el Sistema Penal Acusatorio Ecuatoriano: Retos y Propuestas de Mejora. ARANDU UTIC, ISSN 2409-2401, Vol 12, Nº 3, 2025, págs 4158-4188. 2025;12(3):4158–88. doi:10.69639/arandu.v12i3.1615

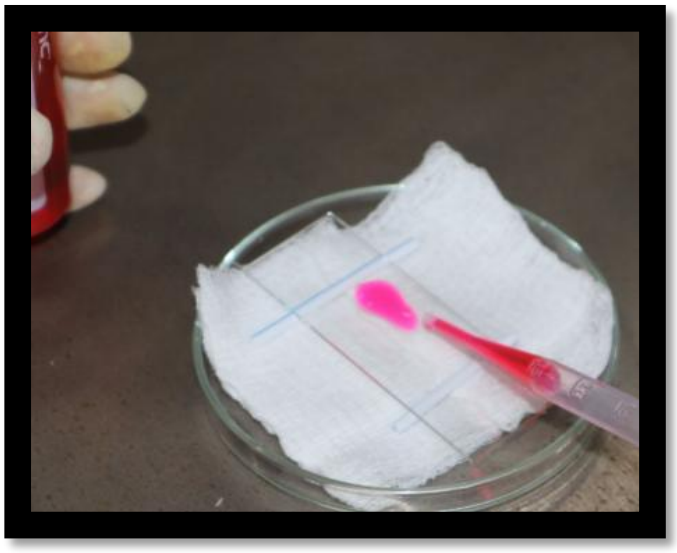
ANEXOS

Anexo 1. Determinación forense de proteína P30.



Fuente: Vaca L y Parco E (2016)[44]. Recuperado de: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1995/1/UNACH-EC-LAB-CLIN-2016-0016.pdf

Anexo 2. Tinción de árbol de navidad.



Fuente: Vaca L y Parco E (2016)[44]. Recuperado de: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1995/1/UNACH-EC-LAB-CLIN-2016-0016.pdf

Anexo 3. Recuperación de indicios biológicos en superficies textiles.



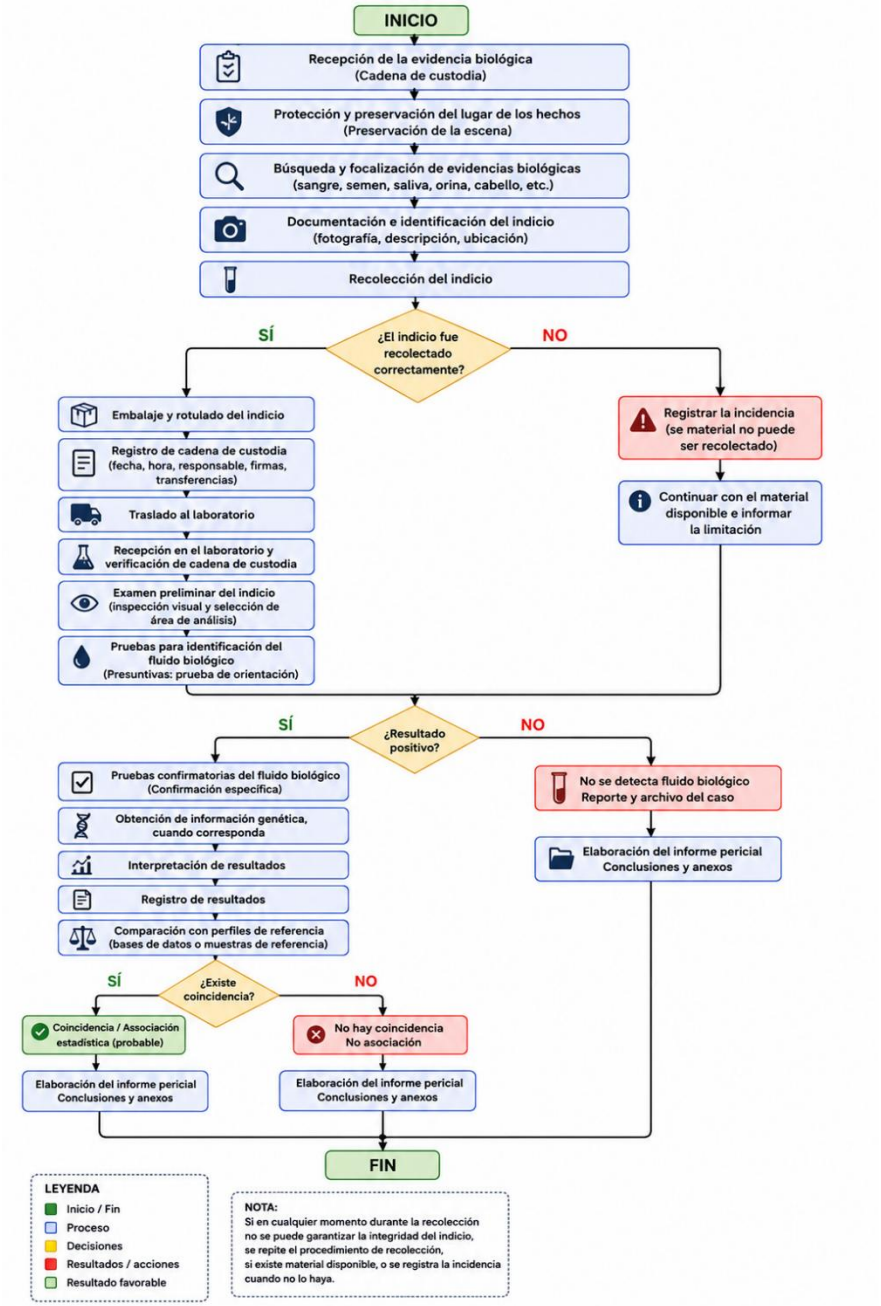
Fuente: García Y (2020)[60]. Recuperado de**:** https://cecacycoficial.wixsite.com/cecacyc/post/manchas-de-semen

Anexo 5. Detección de sangre humana en una prenda interior



Fuente: Fotografía propia.

Anexo 6. Algoritmo del proceso de análisis de evidencias biológicas en el ámbito de la biología forense.



Fuente: Elaboración propia a partir de NIST/OSAC, 2022[52]; Fiscalía General del Estado, 2022[51]; National Institute of Justice, 2023[50]. Recuperado de: https://www.nist.gov/document/osac-human-forensic-dna-analysis-process-mapmay-2022;https://www.fiscalia.gob.ec/area-de-cadena-de-custodia/; https://nij.ojp.gov/nij-hosted-online-training-courses/what-every-investigator-and-evidence-technician-should-know/officer-responsibilities/collect-package/procedures-sexual-assault-evidence