Revista Habanera de Ciencias Médicas
Al servicio de la ciencia
AÑO 2025
Vol. 24. PUBLICACIÓN CONTINUA
ISSN 1729-519X
ecimed

CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS

ARTÍCULO DE REVISIÓN SISTEMÁTICA

Marcadores biológicos como herramienta diagnóstica y medio de prueba en casos de violencia sexual

Biological markers as a diagnostic tool and means of proof in cases of sexual violence

Elizabeth Estefania Cabrera Valdiviezo[1*], Silvia Patricia Aynaguano Zula[1], Miguel Leonardo Mora Romero[1,2]

[1] Universidad Nacional de Chimborazo. Chimborazo, Ecuador.
[2]Universidad Tecnológica ECOTEC. Guayaquil, Ecuador.

***Autor para la correspondencia:elizabeth.cabrera@unach.edu.ec**

Cómo citar este artículo
Cabrera Valdiviezo EE, Aynaguano Zula SP, Mora Romero ML: Marcadores biológicos como herramienta diagnóstica y medio de prueba en casos de violencia sexual. Rev haban cienc méd [Internet]. 2025 [citado]; 24. Disponible en: http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/6122

Recibido: 18 de abril de 2025
Aprobado: 30 de junio de 2025

RESUMEN

Introducción: La violencia sexual constituye una grave violación de los derechos humanos que causa daños físicos y psicológicos severos. En este contexto, los biomarcadores son herramientas claves en la investigación forense y clínica, pues respaldan el diagnóstico y la obtención de pruebas científicas en casos de agresión sexual.

Objetivo: Sistematizar el uso de marcadores biológicos en contextos médico-forenses de violencia sexual, evaluar sus limitaciones y determinar las repercusiones en la salud física y mental de las víctimas.

Material y Métodos: Se realizó una revisión sistemática siguiendo la metodología PRISMA, consultando las bases Scopus y Web of Science entre 2020 y 2025. Tras aplicar criterios de elegibilidad se seleccionaron 48 estudios primarios. Se extrajeron variables como tipo de marcador, fluido empleado, técnicas analíticas, limitaciones reportadas y consecuencias para la víctima, organizadas y sintetizadas mediante tablas y análisis cualitativo.

Resultados: Los marcadores genéticos y enzimáticos fueron los biomarcadores más empleados, principalmente en semen, sangre, saliva y fluidos vaginales. Se identificaron varias limitaciones, entre ellas, degradación molecular, contaminación cruzada, muestras escasas y requerimientos técnicos elevados. En cuanto al impacto en las víctimas, se documentaron lesiones traumáticas, complicaciones ginecológicas y secuelas psicológicas graves, con alta prevalencia de trastorno de estrés postraumático, ansiedad, depresión y baja autoestima.

Conclusiones: Los métodos genéticos, enzimáticos y proteómicos complementan la detección de evidencia biológica, siendo el semen el fluido más analizado. Sin embargo, su aplicación está limitada por la degradación molecular, la escasez y contaminación de las muestras, así como por la necesidad de herramientas especializadas y la complejidad técnica de los procedimientos.

Palabras Claves:
Agresión sexual, biomarcadores, marcadores biológicos, revisión sistemática, secuelas físico-psicológicas.

ABSTRACT

Introduction: Sexual violence is a serious violation of human rights that causes severe physical and psychological harm. In this context, biomarkers are key tools in forensic and clinical investigation, as they support the diagnosis and obtaining of scientific evidence in cases of sexual assault.

Objective: To systematize the use of biological markers in medical-forensic contexts of sexual violence, to evaluate their limitations, and to determine the repercussions on the physical and mental health of the victims.

Material and Methods: A systematic review was carried out following the PRISMA methodology, consulting the Scopus and Web of Science databases between 2020 and 2025. After applying eligibility criteria, 48 primary studies were selected. Variables such as type of marker, fluid used, analytical techniques, reported limitations and consequences for the victim were extracted, organized and synthesized through tables and qualitative analysis.

Results: Genetic and enzymatic markers were the most used biomarkers, mainly in semen, blood, saliva and vaginal fluids. Several limitations were identified, including molecular degradation, cross-contamination, sparse samples, and high technical requirements. Regarding the impact on the victims, traumatic injuries, gynecological complications and serious psychological sequelae were documented with a high prevalence of post-traumatic stress disorder, anxiety, depression and low self-esteem.

Conclusions: Genetic, enzymatic and proteomic methods complement the detection of biological evidence, with semen being the most analyzed fluid. However, their application is limited by molecular degradation, the scarcity and contamination of samples, as well as the need for specialized tools and the technical complexity of the procedures.

Keywords:
Sexual assault, biomarkers, biological markers, systematic review, physical-psychological sequelae.

Este es un artículo de Acceso Abierto distribuído según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 que permite el uso, distribución y reproducción no comerciales y sin restricciones en cualquier medio, siempre que sea deidamente citada la fuente primaria de publicación.

INTRODUCCIÓN

La violencia sexual representa una de las formas más graves de vulneración de los derechos humanos, con consecuencias físicas y psicológicas profundamente devastadoras para las víctimas. Esta problemática afecta a personas de todas las edades y géneros, siendo especialmente prevalente en poblaciones vulnerables. En este contexto, la identificación oportuna y precisa de la agresión sexual es crucial para garantizar la atención adecuada a las víctimas y para la administración de justicia.[1,2]

Cualquier delito relacionado con la violencia sexual se encuentra entre los crímenes más severos contra la integridad de una persona. Por ello, los biomarcadores constituyen una herramienta fundamental en la investigación forense y la práctica clínica ya que respaldan el diagnóstico del paciente.[1] En los últimos años, el estudio de indicadores biológicos ha ganado considerable protagonismo, ofreciendo un complemento prometedor a las técnicas tradicionales.[2]

Diversos estudios han explorado la utilidad de diferentes tipos de marcadores como método de prueba ante agresiones sexuales. El estudio de Wang[3] se centra en la identificación precisa de cinco tipos de fluidos corporales (sangre, sangre menstrual, saliva, semen y flujo vaginal) en contextos forenses con el propósito de descubrir y validar biomarcadores proteicos específicos que permitan distinguir entre estos fluidos, incluso en muestras mezcladas o en diferentes matrices como tejidos y superficies. La metodología combinó técnicas de proteómica profunda SWATH y un método de filtración en dos pasos basado en MRM-HR, logrando identificar 16 marcadores con 100 % de especificidad y detección en 127 muestras.

Dawnay[4] realizó una revisión integral del proceso forense en investigaciones de violación y agresión sexual en el Reino Unido, abordando desde la escena del crimen hasta el tribunal. Su objetivo principal es describir y analizar las metodologías laboratoriales y de campo utilizadas para recolectar, analizar y presentar evidencia biológica y física que apoye las acusaciones de actividad no consensuada. La metodología combina la revisión de legislación, guías oficiales, literatura científica y análisis de prácticas en laboratorios forenses y centros de atención, destacando además los desafíos actuales, como las bajas tasas de condena, que pueden deberse a la baja proporción de denuncias procedentes a juicio y a la complejidad del análisis.

En particular, el antígeno prostático específico (PSA), también conocido como Y-seminoprotein, E1 protein, P30 y PA,[5] es una serina proteasa producida por la glándula masculina madura y las células circundantes del epitelio uretral. Este marcador se convirtió rápidamente en el método preferido para determinar la presencia de semen en muestras forenses. El antígeno P30 es una fuerte evidencia de que la muestra es de naturaleza seminal, y puede ser detectado en el fluido incluso sin espermatozoides.[6] Aunque PSA es un término más común en medicina, particularmente en Urología y Oncología donde se emplea para evaluar la salud prostática y detectar patologías como el cáncer de próstata, y P30 predomina en el ámbito forense, ambos términos hacen referencia a la misma proteína producida por la próstata.[5,6,7,8,9]

En este sentido, Stasiūnas[10] propuso un estudio para demostrar la utilidad del antígeno prostático específico (PSA) como herramienta rápida y eficaz para detectar manchas seminales en muestras biológicas en casos de violencia sexual, incluso cuando no se encuentran espermatozoides. Para ello, se analizaron hisopados vaginales, manchas en la ropa y muestras de orina mediante una prueba rápida de PSA, seguida de extracción y análisis de ADN con amplificación de STRs. Los resultados mostraron detección positiva de PSA en las muestras vaginales y de ropa, pero negativa en orina, y los perfiles genéticos obtenidos coincidieron con uno de los sospechosos, descartando al otro. Este caso evidenció que el PSA es un método rápido, económico y específico que complementa la identificación forense tradicional, permitiendo confirmar la presencia de semen y priorizar muestras para análisis genético.

Sin embargo, a pesar de que diversos estudios han analizado el uso de biomoléculas presentes en fluidos biológicos como indicadores de exposición a actos de violencia sexual, pocas revisiones sistemáticas han integrado de manera exhaustiva los tipos de marcadores biológicos empleados, los fluidos analizados y las limitaciones técnicas de su uso en procesos judiciales. En este contexto, el presente estudio tiene como **objetivo** sintetizar la evidencia científica existente sobre el uso de marcadores biológicos como herramienta diagnóstica y medio de prueba en casos de violencia sexual.

En este contexto, los autores se proponen contestar las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué tipos de marcadores biológicos son actualmente empleados en contextos médico-forenses de violencia sexual, y qué tipo de fluido se emplea para su detección?; ¿Qué limitaciones presentan los marcadores biológicos como herramienta de detección forense en casos de violencia sexual?; ¿Cuáles son las consecuencias en la salud física y mental de las víctimas de violencia sexual? Mediante estas preguntas, la investigación busca consolidar el estado del arte, identificar brechas de conocimiento y generar información relevante que guíen futuras investigaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo esta revisión sistemática, se empleó la metodología PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), la cual proporciona un marco estructurado y transparente para la identificación, selección y síntesis de la evidencia disponible,[11] garantizando la rigurosidad y reproducibilidad del proceso de revisión.

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

Criterios de elegibilidad y fuentes de información

Para la selección de estudios, se consideraron aquellos que estuvieran indexados en las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS). Se incluyeron estudios originales publicados entre 2020 y 2025 sin restricción de idioma. Para ser considerados, los artículos debían abordar explícitamente el uso de marcadores biológicos en el contexto de la violencia sexual y responder total o parcialmente a alguna de las preguntas de investigación planteadas en esta revisión.

Se excluyeron documentos duplicados, aquellos que presentaban conflictos de interés, cartas al editor, revisiones, capítulos de libro, libros completos, actas de congresos, resúmenes sin texto completo disponible, editoriales, así como aquellos documentos que habían sido retractados o presentaban erratas significativas. Esta delimitación buscó asegurar la relevancia, calidad y rigor científicos de los resultados, minimizando potenciales fuentes de sesgo metodológico.

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se diseñó con base en consultas exploratorias preliminares realizadas en la base de datos *Scopus* para identificar los términos más representativos y específicos del campo de estudio. Se estructuraron combinaciones de palabras claves en torno a tres categorías conceptuales principales: marcadores biológicos, violencia sexual e investigación forense. Para asegurar una recuperación exhaustiva y precisa, se emplearon operadores booleanos y se delimitó la búsqueda a los campos de título, resumen y palabras claves.

Dado que cada base de datos presenta particularidades en su sintaxis y configuración, se adaptaron las estrategias de búsqueda a los requisitos técnicos de *Scopus* y *Web of Science (WoS)* respectivamente. Estas adaptaciones incluyeron ajustes en los operadores booleanos, filtros por tipo de documento y períodos de publicación. En la Tabla, 1 se detallan las cadenas de búsqueda empleadas en cada base de datos junto con el número total de estudios recuperados. Esta estrategia permitió recuperar un total de 146 estudios candidatos (103 en *Scopus* y 43 en *WOS*), que fueron posteriormente sometidos a un proceso de selección sistemático siguiendo los lineamientos de la metodología PRISMA.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda y resultados

Base de datos	Cadena de búsqueda	Estudios
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("biological marker*" OR biomarker* OR "P30 protein" OR "prostate-specific antigen" OR psa OR "semenogelin" OR "acid phosphatase" OR "prostatic acid phosphatase" OR "semen marker*" OR "DNA profiling" OR "DNA evidence" OR "Y-STR" OR "Y STR" OR "short tandem repeat*" OR str OR "RNA marker*" OR "mRNA" OR "miRNA" OR microrna OR "hemoglobin" OR "glycophorin A" OR "blood marker*" OR "blood evidence" OR "alpha amylase" OR "saliva marker*" OR "salivary biomarker*") AND TITLE-ABS-KEY ("sexual violence" OR "sexual assault" OR "sexual abuse" OR "sexual aggression" OR "sexual offense*" OR rape) AND TITLE-ABS-KEY (diagnos* OR "forensic investigation" OR "forensic evidence" OR "biological evidence" OR "criminal investigation")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))	103
Web of Science (WoS)	TS=("biological marker*" OR biomarker* OR "P30 protein" OR "prostate-specific antigen" OR psa OR semenogelin OR "acid phosphatase" OR "prostatic acid phosphatase" OR "semen marker*" OR "DNA profiling" OR "DNA evidence" OR "Y-STR" OR "Y STR" OR "short tandem repeat*" OR str OR "RNA marker*" OR mRNA OR miRNA OR microrna OR hemoglobin OR "glycophorin A" OR "blood marker*" OR "blood evidence" OR "alpha amylase" OR "saliva marker*" OR "salivary biomarker*") AND TS=("sexual violence" OR "sexual assault" OR "sexual abuse" OR "sexual aggression" OR "sexual offense*" OR rape) AND TS=(diagnos* OR "forensic investigation" OR "forensic evidence" OR "biological evidence" OR "criminal investigation")	43
Total		**146**

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

Proceso de selección de estudios y extracción de datos

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo de manera sistemática y rigurosa, siguiendo las directrices del diagrama PRISMA. En la fase inicial de identificación, se recopilaron un total de 146 estudios candidatos, procedentes de las bases de datos *Scopus* (103 estudios) y *WoS* (43 estudios). Durante la primera etapa de depuración, se identificaron y eliminaron 33 estudios duplicados y 1 estudio retractado; se dejó un conjunto de 112 estudios únicos.

A continuación, se revisaron detalladamente los títulos, resúmenes y palabras claves para descartar aquellos trabajos que estaban directamente relacionados con los objetivos de la investigación ni respondían a las preguntas formuladas. Como resultado, se excluyeron 65 estudios, y quedó un total de 48 artículos para su recuperación.

Se logró recuperar a texto completo todos los 48 estudios, que conformaron el corpus final de análisis. Estos documentos fueron sometidos a una lectura exhaustiva y codificación temática para la extracción sistemática de información relevante. A partir de ellos, se identificaron las variables necesarias para responder a las preguntas de investigación. La Figura 1 presenta el diagrama de flujo PRISMA, en el que se detalla cada etapa del proceso de selección, desde la identificación de los estudios hasta la inclusión final.

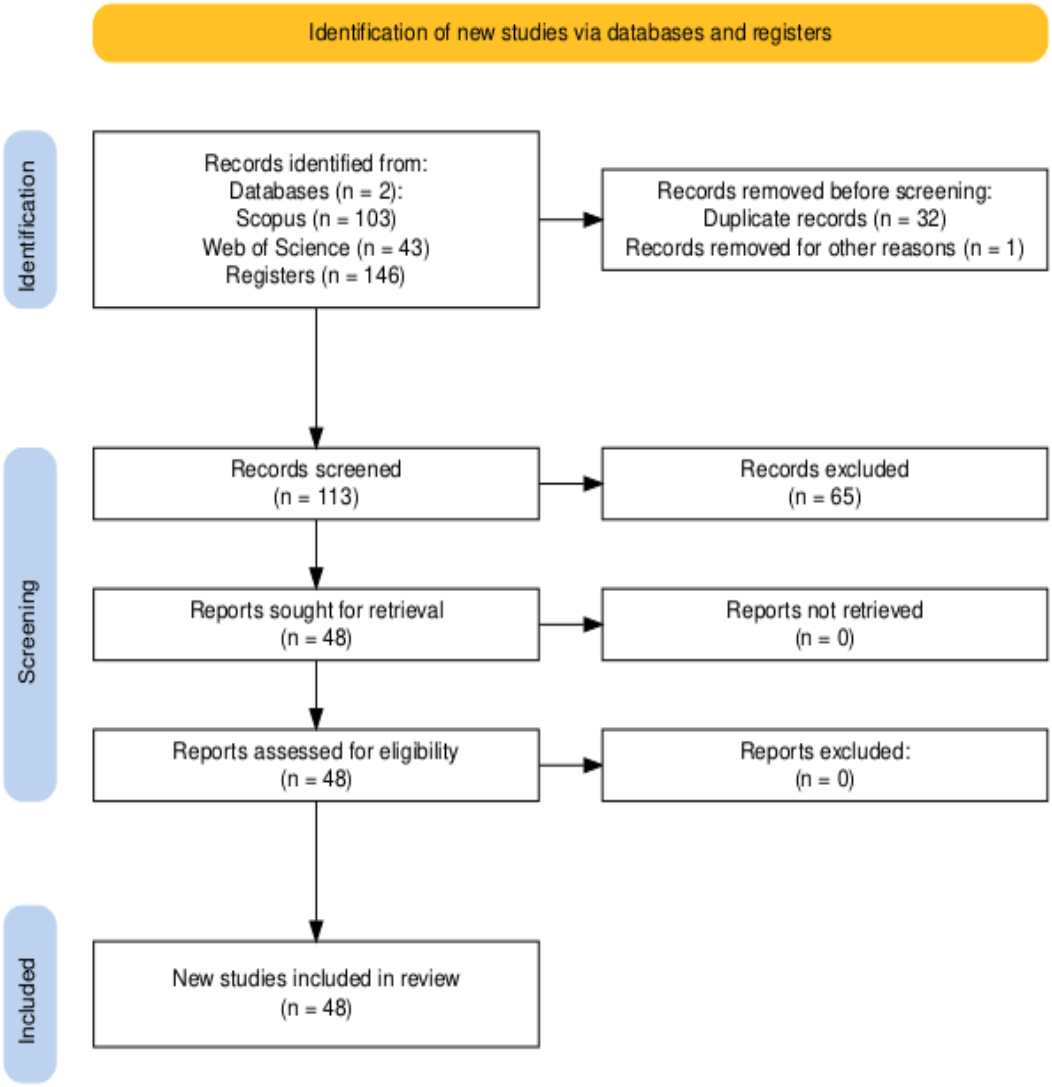

Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA

Métodos de síntesis

Para llevar a cabo la síntesis de información, se extrajeron los elementos de cada estudio que respondían directamente a las preguntas de investigación. La extracción de datos se realizó de forma manual mediante una matriz estructurada en la que se registraron las siguientes variables: tipo de marcador biológico, fluido biológico empleado para la detección, técnica o procedimiento utilizado para su identificación, limitaciones metodológicas y consecuencias en la salud física y mental de las víctimas. Esta sistematización permitió garantizar la trazabilidad de los hallazgos y su correspondencia directa con cada una de las preguntas de investigación.

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

RESULTADOS

Análisis bibliométrico

En esta sección se presenta los resultados del análisis bibliométrico, basado en los 48 estudios primarios incluidos en la revisión. La Figura 2 muestra la distribución geográfica de la producción científica, destacando a India como el país con mayor número de publicaciones, con un total de 10 estudios. Les siguen los Estados Unidos, con 7 publicaciones, y Brasil, que contribuyó con 5 estudios. En un segundo nivel de productividad se encuentran Australia e Italia, con 4 estudios cada uno, seguidos por Alemania y Suiza, con 3 publicaciones, respectivamente. Países como Japón, Filipinas, Bélgica, Turquía, Nueva Zelanda, Taiwán y Reino Unido presentaron 2 estudios cada uno. Finalmente, otros países que también aportaron a la producción académica, aunque con una frecuencia menor (1 estudio cada uno), fueron: Egipto, Tailandia, Corea del Sur, Finlandia, Polonia, Arabia Saudita, Portugal y Perú.

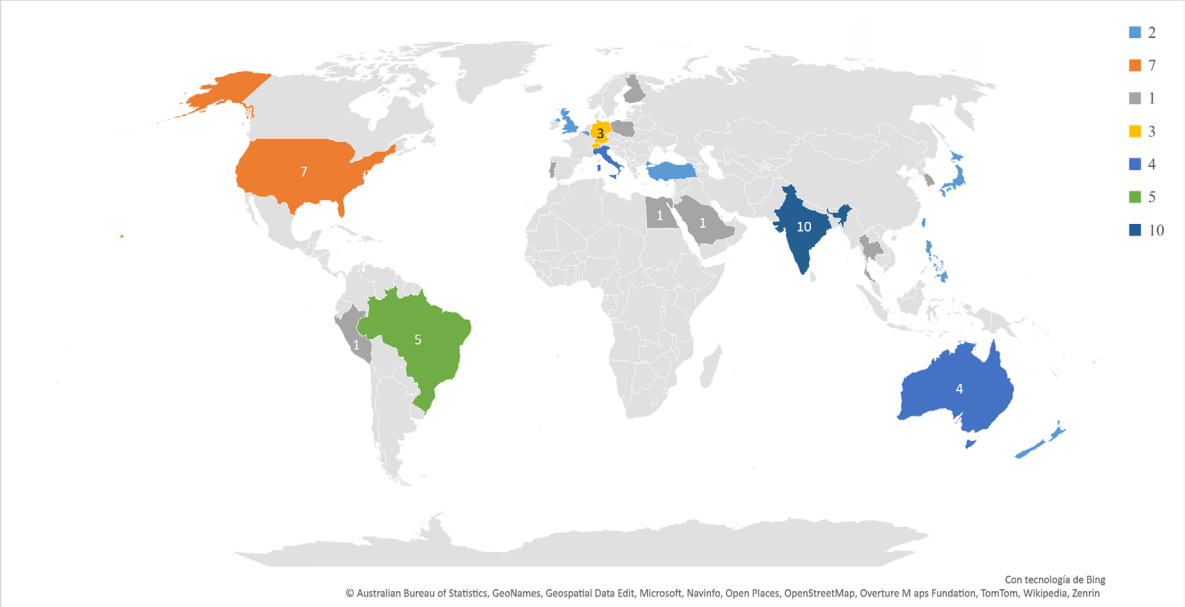

Figura 2: Distribución de estudios por país

La Figura 3 muestra la distribución de los estudios incluidos según su año de publicación. Se observa que 2022 y 2025 concentran la mayor cantidad de publicaciones, con un total de 12 estudios cada uno. Le sigue 2021, con 9 estudios, y 2020, que presenta 6 publicaciones. Por su parte, 2024 y 2023 reportan 5 y 4 estudios, respectivamente. Estos resultados reflejan una tendencia general de crecimiento sostenido en la producción científica entre 2020 y 2025, con un claro repunte en 2022 y en lo que va de 2025.

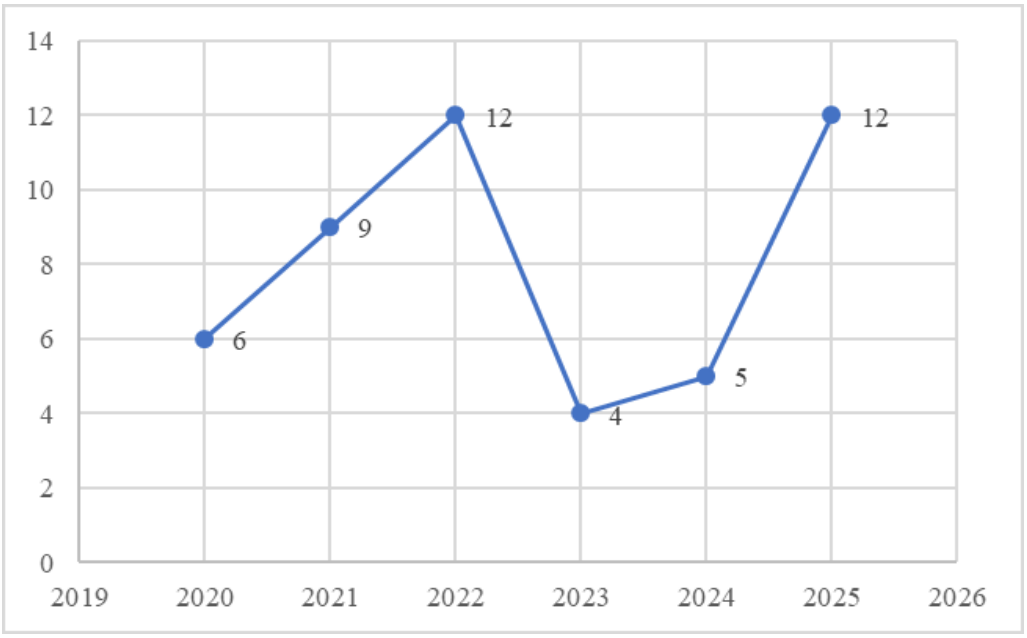

Figura 3: Número de estudios por año

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

Marcadores biológicos empleados en contextos médico-forenses de violencia sexual

Los biomarcadores desempeñan un papel fundamental en el ámbito médico-forense para la investigación de delitos de violencia sexual. La tabla 2 resume los principales tipos de marcadores biológicos identificados en los estudios incluidos en esta revisión, así como los fluidos biológicos en los que se detectaron. Esta clasificación permite observar la diversidad de enfoques y tecnologías empleadas en la identificación de evidencia biológica en el contexto de la agresión sexual.[12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45]

Tabla 2: Tipos de biomarcadores

Marcador biológico	Fluido utilizado para su detección	Citas bibliográficas
ARN mensajero (mRNA)	Semen, saliva, sangre	(12,13,14,15,16,17,18,19,20)
Micro ARN (miRNA)	Semen, saliva sangre	(14,16,21)
STR/Y-STR	Semen, saliva, cabello	(22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32)
Antígeno Prostático Específico (PSA) / P30 en ámbito forense	Semen	(19,28,33)
Semenogelin	Semen	(16,34)
Enzimas (Acid Phosphatase, Amilasa)	Semen (fosfatasa), saliva (amilasa)	(24,35,36,37,38,39)
ADN (autosómico, metilado, telomérico)	Sangre, semen, saliva	(14,15,16,25,27,34,40,41,42,43,44)
Proteínas específicas (Citokeratinas)	Células epiteliales	(42,45)
Anticuerpos fluorescentes / Microbioma	Semen, saliva, sangre, fluido vaginal, células epiteliales	(14,40,45)

En los resultados se observa una amplia diversidad de marcadores biológicos utilizados en la práctica médico-forense para detectar evidencia en casos de violencia sexual. Entre los más empleados destacan los ácidos nucleicos, particularmente los perfiles de ARN mensajero (mRNA), los marcadores *Short Tandem Repeats* (STR) y Y-STR, presentes en fluidos como semen, saliva, sangre y fluido vaginal. Asimismo, los microARN (miRNA) son valorados por su estabilidad y valor discriminatorio en estos mismos fluidos. Otros marcadores moleculares incluyen los perfiles de ADN metilado, telómeros y secuencias autosómicas o del cromosoma Y, usados principalmente en semen, mucosas, sangre y muestras subungueales.

Limitaciones de los marcadores biológicos

La Tabla 3 sintetiza los principales retos y limitantes asociados al uso de biomarcadores reportadas en los estudios analizados, junto con los autores que lo mencionan.[12,13,14,15,16,17,19,20,22,25,27,28,29,30,31,33,34,35,36,40,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54]

Tabla 3. Limitaciones de los marcadores biológicos

Limitación identificada	Citas bibliográficas
Degradación de biomarcadores por tiempo y condiciones ambientales	(12,13,14,15,16,17,19,20,22,25,27,28,29,30,31,33,34,35,36,40,43,44,45,46,47,48,49,50)
Tamaño de muestra insuficiente o diluido	(12,13,24,27,31,36,42,45,46,48,51)
Contaminación cruzada o transferencia secundaria de fluidos	(12,13,14,18,19,20,24,35,36,42,45,49)
Sensibilidad y especificidad limitada de los métodos	(12,13,16,24,31,33,38,45,48,52)
Complejidad técnica y requerimientos de equipamiento especializado	(16,39,40,45,49)
Limitaciones específicas propios de los biomarcadores	(25,32,41,52,53)
Problemas en la recolección y manejo de muestras	(22,27,29,35,42,43,44,54)

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

La degradación de biomarcadores como ADN, ARN y proteínas debido a factores ambientales (calor, humedad), tiempo de recolección o almacenamiento inadecuado representa un desafío significativo, ya que compromete su detectabilidad y utilidad forense. Otro obstáculo crítico es la obtención de muestras mínimas o diluidas, que pueden impedir la amplificación genética y el perfilado preciso. La contaminación cruzada durante la recolección o manipulación, así como la transferencia secundaria de fluidos, aumentan el riesgo de resultados falsos positivos o atribuciones erróneas. También se señalaron limitaciones de sensibilidad y especificidad en algunos métodos, especialmente ante concentraciones bajas, y la complejidad técnica de ciertos análisis avanzados que requieren equipos costosos y personal especializado. Finalmente, se reconocen errores comunes en la fase de recolección y conservación de las muestras, que afectan directamente la calidad de la evidencia.

Consecuencias en la salud física y mental de las víctimas de violencia sexual

Los estudios revisados coinciden en que las víctimas de violencia sexual sufren una amplia gama de secuelas tanto físicas como psicológicas. En el ámbito físico, se describen lesiones traumáticas que incluyen abrasiones, hematomas, laceraciones, contusiones, fracturas óseas y sangrado genital. Además, con frecuencia se presentan infecciones de transmisión sexual, embarazos no deseados y complicaciones ginecológicas que requieren atención especializada. En casos extremos, la violencia puede culminar en el homicidio de la víctima, ya sea como consecuencia directa de las agresiones o para ocultar los hechos.

Desde el punto de vista psicológico, las víctimas suelen desarrollar trastorno de estrés postraumático (TEPT), manifestado por recuerdos intrusivos, evitación y alteraciones del estado de ánimo, así como ansiedad, depresión, baja autoestima y sentimientos de culpa o vergüenza. Estos trastornos pueden persistir durante meses o años, afectan gravemente la calidad de vida y dificultan la recuperación emocional.

Por último, se ha observado que el estrés crónico generado por la violencia sexual puede desencadenar alteraciones sistémicas, incrementando el riesgo de enfermedades cardiovasculares, metabólicas y disfunciones inmunológicas. Asimismo, el proceso de recolección de evidencia puede ser traumático y agravar el malestar psicológico y generar reticencia en acudir a futuros controles médicos.

DISCUSIÓN

En este estudio, se analizaron los marcadores biológicos empleados en la investigación forense de violencia sexual, sus limitaciones metodológicas y el impacto físico y psicológico en las víctimas. Los resultados destacan un predominio de marcadores genéticos y enzimáticos, principalmente detectados en semen, sangre, saliva y fluidos vaginales. Estos hallazgos coinciden con recientes investigaciones que proponen integrar métodos rápidos de microbiología forense con técnicas de perfilado genético tradicionales para optimizar el diagnóstico de agresión sexual, que presenta evidencia científica irrefutable en el sistema de justicia penal moderno.[55]

En un caso de presunta agresión sexual, Pieri[56] demostró cómo la proteómica forense puede diferenciar con alta especificidad los perfiles proteicos de saliva y vómito mediante espectrometría de masas, incluso cuando estas trazas estaban mezcladas con otros fluidos corporales, lo que permite confirmar la presencia y origen del fluido con mucha mayor fiabilidad. Stasiūnas[10] resalta en un informe de caso la importancia del antígeno prostático específico (PSA) como marcador estable y cuantificable en muestras de fluidos vaginales y ropa de cama, subrayando su valor tanto para la corroboración de la presencia de semen como para estimar el intervalo post-acto.

Adicionalmente, la emergente aplicación de análisis epigenéticos, como la discriminación de tejidos mediante perfiles de metilación de ADN o modificaciones de histonas, ofrece una prometedora vía para superar algunas de las limitaciones de estabilidad y especificidad referidas en nuestros resultados. En su revisión, Gerra[57] demostró que ciertos CpG diferenciales mantienen estabilidad post-mortem y permiten identificar con alta precisión el origen del fluido o tejido, aunque reclaman estandarización de protocolos y consideración estricta de factores como el intervalo postmortem y las variables ambientales.

Sin embargo, a pesar de los avances, persisten desafíos como la degradación de biomarcadores en condiciones adversas, la contaminación cruzada durante la recolección y las mezclas de fluidos que dificultan la atribución de evidencias. Estos problemas evidencian la necesidad de optimizar prácticas de recolección y conservación de muestras, así como de desarrollar guías de control de calidad y formación especializada para técnicos forenses.[4,43].

CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática evidenció que los marcadores genéticos, como el ADN, los STR, los Y-STR, así como el mRNA y el miRNA, son los más utilizados en contextos médico-forenses de violencia sexual. Estos se complementan por biomarcadores enzimáticos, como la fosfatasa ácida, y proteicos como el PSA y la semenogelina. El semen fue el fluido más analizado, seguido por sangre, saliva y fluidos vaginales. No obstante, la aplicabilidad de estos biomarcadores enfrenta limitaciones significativas, tales como la degradación de biomoléculas, la escasez y dilución de muestras, la contaminación cruzada y la complejidad técnica de algunos métodos analíticos. En cuanto al impacto sobre las víctimas, los estudios revisados señalan una alta prevalencia de lesiones físicas, infecciones de transmisión sexual, embarazos no deseados y secuelas psicológicas graves, destacando el trastorno de estrés postraumático (TEPT), la ansiedad y la depresión.

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Waury K. Decision Tree for Protein Biomarker Selection for Clinical Applications [Internet]. EE UU: Arxiv; 2025 [Citado 22/05/2025]. Disponible en: http://arxiv.org/abs/2310.08179

2. Ehsan R, Alam SP, Imran S, Afzal H, Shah H, Ahmed W. Unveiling Physiological Markers in Forensic Gynecology: Exploring Biomarkers as Indicators in Sexual Assault Investigations. Journal of The Society of Obstetricians and Gynaecologists of Pakistan. 2024;14(2):151-4.

3. Wang Z, Wang S, Liu X, Shi H, Zhang W, Yang Z, et al. Discovery of specific protein markers in multiple body fluids and their application in forensic science. Talanta. 2025;293:128032.

4. Dawnay N, Sheppard K. From crime scene to courtroom: A review of the current bioanalytical evidence workflows used in rape and sexual assault investigations in the United Kingdom. Science & Justice. 2023;63(2):206-28.

5. Mousa A, Hamza M, Abdel Moawed D. The Use of Prostate Specific Antigen (PSA) for Detection of Seminal Stains before DNA Typing in Sexual Assault Cases: A Case Study. IJFSC [Internet]. 2020 [Citado 22/05/2025];5(3). Disponible en: https://medwinpublishers.com/IJFSC/the-use-of-prostate-specific-antigen-(psa)-for-detection-of-seminal-stains-before-dna-typing-in-sexual-assault-cases-a-case-study.pdf

6. Khadim Mohammed A. Study (Prostatic Specific Antigen P30) in Females Vaginal and Rectal Swabs without Sexual Assault. Journal of Biotechnology and Biology [Internet]. 2023 [Citado 22/05/2025];1(1). Disponible en: https://jscholaronline.org/full-text/JBB/1_104/Study-Prostatic-Specific-Antigen-P30-in-Females.php

7. Ballantyne J. SEROLOGY | Overview. En: Siegel JA, ed. Encyclopedia of Forensic Sciences [Internet]. Oxford: Elsevier; 2000.pp. 1322-31 [Citado 22/05/2025]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0122272153005515

8. Mcaleer M, De la puente VM, Tato R. Diferentes metodologías de utilidad en el campo de la genética forense para la identificación de fluido seminal. Boletín Galego de Medicina Legal e Forense [Internet]. 2023 [Citado 22/05/2025];(33). Disponible en: https://n9.cl/v8maq4

9. Marshall PL. An Introduction to Forensic Serology, Biological Evidence Evaluation, and Time Since Intercourse Intervals. En: Dash HR, Elkins KM, Al-Snan NR, eds. Advances in Forensic Biology and Genetics [Internet]. Singapore: Springer Nature; 2025.pp. 3-22 [Citado 22/05/2025]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-96-4585-5_1

10. Stasiūnas A, Stasiūnienė J, Vasiljevaitė D, Chmieliauskas S, Laima S, Mankevičius P, et al. The significance of prostate-specific antigen in forensic examinations of sexual violence: A case report. Med Sci Law. 2025;00258024251330100.

11. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71.

12. Akutsu T, Saito H, Watanabe K, Toyomane K, Yamagishi T, Iwase H. Evaluation and simultaneous determination of rectal mucosa markers by multiplex reverse transcription-PCR for biological evidence of sexual assault with anal penetration. Forensic Sci Int Genet. 2022;59:102712.

13. Bamberg M, Dierig L, Kulstein G, Kunz SN, Schmidt M, Hadrys T, et al. Development and validation of an mRNA-based multiplex body fluid identification workflow and a rectal mucosa marker pilot study. Forensic Sci Int Genet. 2021;54:102542.

14. Carratto TMT, Moraes VMS, Recalde TSF, Oliveira MLG de, Teixeira Mendes-Junior C. Applications of massively parallel sequencing in forensic genetics. Genet Mol Biol. 2022;45(3 Suppl 1):e20220077.

15. Chierto E, Alessandrini F, Bini C, Carnevali E, Fabbri M, Fattorini P, et al. An mRNA Profiling Study of Vaginal Swabs from Pre- and Postmenopausal Women. Curr Issues Mol Biol. 2023;45(8):6526-37.

16. Davidovics R, Saw YL, Brown CO, Prinz M, McKiernan HE, Danielson PB, et al. High-throughput seminal fluid identification by automated immunoaffinity mass spectrometry. J Forensic Sci. 2022;67(3):1184-90.

17. Kwak K, Choi H, Choi J, Kim Y, Kim E, Lim SK. Development of a multiplex reverse transcription qPCR assay for identification of saliva, blood, and semen. Australian Journal of Forensic Sciences. 2025;57(2):155-69.

18. Lynch CRH, Fleming R, Curran JM. Developing an interpretation model for body fluid identification. Forensic Science International. 2024;359:112032.

19. Nogueira TLS, Alem L, Santos OCL, Gonçalves ABR, Dias AS, Silva DA. Human semen stain analysis in casework sample by HRM-qPCR. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. 2022;8:191-2.

20. Tozzo P, Gabbin A, Politi C, Da Pian M, Caenazzo L, Causin V. Combined Statistical Analyses of Forensic Evidence in Sexual Assault: A Case Report and Brief Review of the Literature. Journal of Forensic Sciences. 2020;65(5):1767-73.

21. Alsaeed SA, Elrewieny NM, Eltokhy RAA, Mohamed MS, Khalil WKB, Shalby AB, et al. Analysis of MiR-20b, MIR-197 markers for differentiation between forensic body fluids encountered in sexual assault cases. Forensic Sci Med Pathol. 2025;21(1):56-62.

22. Calacal GC, Delfin FC, Ungria MCAD. A Retrospective Look on the Use of DNA Evidence in a Sexual Assault Investigation in the Philippines. Acta Medica Philippina [Internet]. 2022 [Citado 22/05/2025];56(15). Disponible en: https://actamedicaphilippina.upm.edu.ph/index.php/acta/article/view/3046

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

23. Carvalho NR, Arão GOL, Lima YAR, Godinho NMO, Mota MF, et al. The contribution of DNA databases for stored sexual crimes evidences in the central of Brazil. Forensic Science International: Genetics. 2020;46:102235.

24. Chunkul S, Sathirapatya T, Dangklao P, Kawicha P, Tammachote R, Vongpaisarnsin K. Enhancing the forensic sexual assault investigations with LAMP-based male DNA detection. Forensic Science International: Synergy. 2025;10:100567.

25. Damour G, Basset P, Samie L, Hall D. Tracking male DNA transfer and survival under female victim fingernails: Insights from a 24-h scratch simulation. Forensic Science International: Genetics. 2025;78:103280.

26. Fokias K, Bekaert B. Separation of sperm and epithelial cells based on fluorescence-activated cell sorting. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. 2022;8:239-41.

27. Henry TKS, Jurek AL. Identification, Corroboration, and Charging: Examining the Use of DNA Evidence by Prosecutors in Sexual Assault Cases. Feminist Criminology. 2020;15(5):634-58.

28. Karadayı S, Arasoglu T, Akmayan İ, Karadayı B. Assessment of the exclusion potential of suspects by using microbial signature in sexual assault cases: A scenario-based experimental study. Forensic Science International. 2021;325:110886.

29. Kaur S, Kaur S, Rawat B, Sharma R. A multidisciplinary approach in pre-pubertal child sexual assault cases - forensic evaluation and suggestions. Leg Med (Tokyo). 2022;58:102097.

30. Lin YC, Tsai LC, Liu KL, Huang NE, Yang LJ, Su CW, et al. A novel co-amplification system for simultaneous amplification of 23 Y-STR and identification of spermatozoa. Int J Legal Med. 2022;136(1):73-84.

31. Morrison J, McColl S, Louhelainen J, Sheppard K, May A, Girdland-Flink L, et al. Assessing the performance of quantity and quality metrics using the QIAGEN Investigator® Quantiplex® pro RGQ kit. Science & Justice. 2020;60(4):388-97.

32. Neyra-Rivera CD, Robles Mamani CS, Delgado Ramos E, Velázquez Reinoso MRE, Budowle B. Análisis de 27 marcadores STR del cromosoma Y en poblaciones de la selva del Perú. Revista Española de Medicina Legal. 2023;49(4):125-34.

33. Egger S, Vöhringer C, Währer J, Schulz I. Technical note: Comparison of forensic swabs for intravaginal sampling. Science & Justice. 2022;62(4):418-23.

34. Rodriguez JJRB, Laude RP, De Ungria MCA. An integrated system for forensic DNA testing of sexual assault cases in the Philippines. Forensic Science International: Synergy. 2021;3:100133.

35. Beckwith S, Murakami J, Chapman B. The persistence of semen on cotton fabric in various water environments. Australian Journal of Forensic Sciences. 2020;52(2):155-64.

36. Cross TP, Siller L, Vlajnic M, Alderden M. The Relationship of DNA Evidence to Prosecution Outcomes in Sexual Assault Cases. Violence Against Women. 2022;28(15-16):3910-32.

37. Nascimento ALA, Costa FMS, Passos MLC, Santos JCC, M.F.S. Saraiva ML. Automatic flow system for sequential detection of zinc and acid phosphatase in forensic samples. Microchemical Journal. 2025;213:113781.

38. Nilendu D, Kundu A, Chand A, Johnson A. Forensic Implications of Saliva: An Overview. Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology [Internet]. 2020 [Citado 22/05/2025];14(1). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350854867_Forensic_Implications_of_Saliva_An_Overview

39. Rizwan M, Rudnicki K, Skrzypek S, Poltorak L. Indirect detection of acid phosphatase at the macroscopic electrified liquid-liquid interface. Electrochimica Acta. 2024;476:143698.

40. Das T, Ammal A, Harshey A, Mishra V, Srivastava A. Vibrational spectroscopic approaches for semen analysis in forensic investigation: State of the art and way

forward. Microchemical Journal. 2021;171:106810.

41. Kuehl LK, de Punder K, Deuter CE, Martens DS, Heim C, Otte C, et al. Telomere length in individuals with and without major depression and adverse childhood experiences. Psychoneuroendocrinology. 2022;142:105762.

42. Kumar N, Puri P, Shukla SK, Verma D. Impact of poor evidence management on DNA profiling in sexual assault and homicide: A case report. Med Leg J. 2021;89(1):58-60.

43. Prachi S, Kushwaha K, Chauhan T, Kaushik R, Behera C. A study on the recovery of dna from washed semen sample. Journal of Forensic Medicine and Toxicology. 2021;38(2):95-8.

44. Ritchie J, Doherty M. Medico-Legal Evidence: Survivor Relational Autonomy and Informed Consent in Sexual Assault Examinations. Fem Leg Stud [Internet]. 2025 [Citado 22/05/2025];33(2):195-214. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s10691-025-09564-5

45. Schulte J, Caliebe A, Marciano M, Neuschwander P, Seiberle I, Scheurer E, et al. DEPArrayTM single-cell technology: A validation study for forensic applications. Forensic Science International: Genetics [Internet]. 2024. [Citado 22/05/2025];70. Disponible en: https://www.fsigenetics.com/article/S1872-4973(24)00020-6/fulltext

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0

46. Liu KL, Tsai LC, Lin YC, Chang YH, Huang NE, Wu FC, et al. Spermatozoa identification by the 3-plex MSRE-PCR assay: a collaborative exercise. Int J Legal Med. 2022;136(2):397-404.

47. Pesaresi M, Alessandrini F, Bignozzi E, Bernini DA, Melchionda F, Gesuita R, et al. The Survival of the Kiss: Presence and Persistence of Salivary Male DNA in Mixed Samples. Genes. 2025;16(2):232.

48. Upadhyay M, Shrivastava P, Verma K, Joshi B. Recovery model of male salivary DNA from female skin: a comparative analysis. Nucleus [Internet]. 2025 [Citado 22/05/2025];1. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s13237-025-00556-z

49. Watanabe K, Yamagishi T, Toyomane K, Akutsu T. Validation of a novel fluorescent probe-based real-time PCR assay to detect saliva-specific unmethylated CpG sites for saliva identification. Legal Medicine. 2023;63:102260.

50. Wood GJ, Smith JAS, Gall JAM. The optimal timing of forensic evidence collection following paediatric sexual assault. Journal of Forensic and Legal Medicine. 2023;95:102499.

51. Kumar S, Singh P. Proteomics: A prospective new tool in forensic investigations. Forensic Sci Rev. 2021;33(2):145-50.

52. Dash HR, Gupta V, Chaubey P. Evaluation of the potential of serum cortisol level and expression of StAR gene as biomarkers to establish the nature of sexual act. Sci Justice. 2025;65(3):101250.

53. Alderden M, Cross TP, Vlajnic M, Siller L. Prosecutors' Perspectives on Biological Evidence and Injury Evidence in Sexual Assault Cases. J Interpers Violence. 2021;36(7-8):3880-902.

54. Nimi C, Yadav A, Singh P, Sharma S, Singh R. Implementing ATR-FTIR spectroscopy and chemometrics for the forensic examination of sexual lubricants and their traces. Forensic Chemistry. 2023;36:100533.

55. Malhotra S, Jamir L. Application of Forensic Biology in Criminal Justice System [Internet]. EE UU: researchgate; 2024 [Citado 22/05/2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/376750022_Application_of_Forensic_Biology_in_Criminal_Justice_System

56. Pieri M, Siano F, Basilicata P, Simonelli A, Addeo F, Picariello G. Proteomics for forensic identification of saliva and vomit in a case of alleged rape. Anal Bioanal Chem. 2025;417(3):627-39.

57. Gerra MC, Dallabona C, Cecchi R. Epigenetic analyses in forensic medicine: future and challenges. Int J Legal Med. 2024;138(3):701-19.

Financiamiento:

Los autores declaran no existir fuente de financiamiento externa para el desarrollo de la investigación.

Conflicto de intereses

No existen conflictos de intereses.

Contribución de autoría

Elizabeth Estefania Cabrera Valdiviezo: Conceptualización; análisis formal; investigación; metodología; administración de proyecto; software; supervisión; validación; redacción - borrador original; redacción - revisión y edición.
Silvia Patricia Aynaguano Zula: Conceptualización; curación de datos; adquisición de fondos; investigación; metodología; supervisión; visualización; redacción - borrador original; redacción - revisión y edición.
Miguel Leonardo Mora Romero: Conceptualización; curación de datos; investigación; recursos; supervisión; validación; visualización; redacción - borrador original; redacción - revisión y edición.

Todos los autores participamos en la discusión de los resultados y hemos leído, revisado y aprobado el texto final del artículo.

Este es un artículo en Acceso Abierto distribuido según los términos de la Licencia Creative Commons Atribución–NoComercial 4.0