

Aplicación de pruebas rápidas de antígeno prostático específico en la investigación forense de delitos contra la libertad sexual

Application of Rapid Prostate-Specific Antigen Tests in the Forensic Investigation of Crimes Against Sexual Freedom

José Alejandro Mauricio Olivera ¹ 

Víctor Elías Chávez Montenegro ² 

María del Rosario Villacrez Torrejón ³ 

José Victor Licla Pariona ⁴ 

Resumen

Introducción: La identificación de material seminal constituye un procedimiento relevante en la investigación forense de delitos contra la libertad sexual, especialmente cuando se requiere establecer la presencia de antígeno prostático específico (PSA) en muestras biológicas. La disponibilidad de pruebas inmunocromatográficas clínicas puede contribuir al procesamiento oportuno de evidencias, siempre que se conozcan sus características operativas y concordancia con métodos forenses. **Objetivo:** Evaluar la concordancia y las características operativas de tres pruebas inmunocromatográficas clínicas de PSA (ECOTEST, CTK-BIOTECH y MONTEST) respecto de la prueba forense BLUESTAR Identi-PSA en hisopados vaginales. **Metodología:** Se realizó un estudio observacional, transversal y de concordancia. La muestra estuvo conformada por 50 eluatos institucionales procedentes de la Unidad Médico Legal II Lima Este del Perú, correspondientes al periodo 2021-2022. Las muestras fueron procesadas mediante lectura ciega y se compararon los resultados obtenidos con las tres pruebas clínicas y la prueba forense de referencia. **Resultados:** Las tres pruebas clínicas coincidieron con la prueba forense en 29 resultados reactivos y 21 no reactivos. Se obtuvieron valores de sensibilidad y especificidad del 100 %, con un coeficiente kappa de 1,00. Asimismo, se identificó un margen máximo de error cercano al 10 % y 14 %. No obstante, se observaron diferencias en la equivalencia analítica dentro del intervalo de concentración de 3 a 4 ng/ml. **Conclusiones:** Las pruebas inmunocromatográficas evaluadas presentan concordancia operativa con BLUESTAR Identi-PSA cuando la presencia o ausencia de PSA se manifiesta claramente. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con cautela en concentraciones próximas a 3-4 ng/ml, donde la concordancia operativa no implica necesariamente equivalencia analítica.

Palabras clave: Antígeno prostático específico; Criminalística; Delitos sexuales; Diagnóstico; Inmunocromatografía; Investigación forense.

Abstract

Introduction: The identification of seminal material constitutes a relevant procedure in the forensic investigation of crimes against sexual freedom, particularly when the presence of prostate-specific antigen (PSA) in biological samples must be established. The availability of clinical immunochromatographic tests may facilitate the timely processing of evidence, provided that their operational characteristics and concordance with forensic methods are properly established. **Objective:** To evaluate the concordance and operational characteristics of three clinical immunochromatographic PSA tests (ECOTEST, CTK-BIOTECH, and MONTEST) compared with the BLUESTAR Identi-PSA forensic test in vaginal swab samples. **Methodology:**

^{1,3} Universidad Privada Norbert Wiener. Lima, Perú; ²Hospital Nacional Arzobispo Loayza. Lima, Perú; ⁴ Oficina de Peritajes del Ministerio Público. Lima, Perú

Artículo recibido 21 de julio 2026 | Aceptado 10 de agosto 2026 | Publicado 1 de octubre 2026

Autor de correspondencia: jose.mauricio@uwiener.edu.pe

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Cómo citar: Mauricio Olivera, J. A., Chávez Montenegro, V. E., Villacrez Torrejón, M. del R., & Licla Pariona, J V. (2026). Aplicación de pruebas rápidas de antígeno prostático específico en la investigación forense de delitos contra la libertad sexual. *TRIBUNAL, Revista en Ciencias de la Educación y Ciencias Jurídicas*, 6(17), 1-15. <http://doi.org/10.59659/revistatribunal.v6i17.569>

An observational, cross-sectional concordance study was conducted. The sample consisted of 50 institutional eluates obtained from the Unidad Médico Legal II Lima Este in Peru, corresponding to the 2021-2022 period. The samples were processed using blinded readings, and the results obtained with the three clinical tests were compared with those of the forensic reference test. **Results:** The three clinical tests showed complete agreement with the forensic test, with 29 reactive and 21 non-reactive results. Sensitivity and specificity values of 100% were obtained, with a kappa coefficient of 1.00. A maximum margin of error of approximately 10% to 14% was also identified. However, differences in analytical equivalence were observed within the concentration range of 3-4 ng/mL. **Conclusions:** The immunochromatographic tests evaluated demonstrated operational concordance with BLUESTAR Identi-PSA when the presence or absence of PSA was clearly established. However, the results should be interpreted cautiously at concentrations close to 3-4 ng/mL, where operational concordance does not necessarily imply analytical equivalence.

Keywords: Criminalistics; Diagnosis; Forensic investigation; Immunochromatography; Prostate-specific antigen; Sex offenses

Introducción

La violencia sexual contra mujeres y adolescentes constituye una violación de derechos humanos con alcance planetario y graves efectos en salud pública. La Organización Mundial de la Salud estima que cerca del 6 % de mujeres de 15 a 49 años sufrió violencia sexual por personas ajenas a su pareja, con variaciones regionales y subregistro documentado (Sardinha et al., 2024). En revisión sistemática sobre barreras para denunciar, investigar y sentenciar estos hechos se muestran abandono procesal elevado, escasa confianza de las víctimas en la justicia y fallas en la gestión de la prueba (Wieberneit et al., 2024). En esa dirección, la evidencia forense de ácido desoxirribonucleico (ADN) influye en la apertura de procesos penales y en la experiencia de las supervivientes, aunque su valor depende de la calidad técnica (Campbell et al., 2025).

En el plano pericial, la identificación de fluidos corporales relaciona la evidencia biológica con la reconstrucción del hecho investigado. En estudio reciente sobre la fiabilidad del semen, la sangre, la saliva y las secreciones vaginales en agresiones sexuales se concluye que la detectabilidad depende del tipo de sustrato, la exposición ambiental, el tiempo transcurrido desde la deposición y el método analítico empleado (Mohd et al., 2026). En esa línea, la espectroscopia Raman con aprendizaje automático reconoce rastros de semen en la escena del crimen sin consumir la muestra y con precisión elevada (Borisov et al., 2024). No menos importante, el momento de la recolección condiciona el resultado de material genético foráneo, pues la probabilidad descende de modo notable después de las primeras 48 horas (Wood et al., 2023).

De igual manera, la identificación de semen combina pruebas presuntivas, confirmatorias y moleculares, con el antígeno prostático específico (PSA, por sus siglas en inglés) como marcador serológico dominante del plasma seminal. Las revisiones contemporáneas sobre detección de semen destacan la inmunocromatografía como opción rápida, económica y compatible con el flujo del laboratorio, y señalan sus limitaciones cerca del límite de detección (Cainé et al., 2026). Frente a esas restricciones, los marcadores de ácido

ribonucleico (ARN) mensajero y sus polimorfismos ofrecen vías para identificar el fluido y al individuo en una misma plataforma analítica (Liu et al., 2025). En términos operativos, los ensayos comerciales mantuvieron un desempeño estable en telas de distinta composición hasta tres meses después de la deposición, resultado que respalda su uso ante demoras (Medina et al., 2024).

Por otra parte, el acceso a tecnología pericial de punta resulta desigual entre países y regiones, situación que condiciona la respuesta forense institucional. El desarrollo de capacidades forenses en naciones del sur global exige compromisos organizacionales sostenidos, capacitación continua y alianzas que equilibren costo, tiempo y calidad del dato (Howes et al., 2024). En jurisdicciones con áreas geográficas pequeñas o recursos escasos, la literatura recomienda evaluar opciones de triaje, laboratorios satélite y análisis de ácido desoxirribonucleico rápido, con estudios de costo-efectividad antes de adoptar decisiones (De La Chica et al., 2025). Ese panorama adquiere relevancia singular en el Perú, donde alrededor de 2 de cada 10 adolescentes escolarizados reportaron algún tipo de agresión sexual y donde la respuesta judicial depende de pericias oportunas y de calidad (Enríquez et al., 2024).

Ante ese escenario, la Unidad Médico Legal (UML) II Lima Este del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (IMLCF) del Perú enfrenta restricciones presupuestarias y desabastecimientos periódicos de la prueba inmunocromatográfica forense (PIF) de PSA institucional. Las causas radican en el costo unitario del kit forense, la dependencia de importaciones y la emergencia del sistema pericial. La situación ideal contaría con stock suficiente de reactivos validados para cada muestra, sin demoras que erosionen el valor probatorio. Esta investigación aborda el problema al contrastar tres pruebas inmunocromatográficas clínicas (PIC) de bajo costo del mercado local con la prueba forense de referencia, sobre el mismo eluato vaginal. De allí surgen las preguntas: ¿cuál es la concordancia de ECOTEST, CTK-BIOTECH y MONTEST respecto a BLUESTAR Identi-PSA en hisopados vaginales y qué características operativas presentan?

Dada esa situación, un estudio de esta naturaleza contribuiría a fortalecer la cadena pericial desde la toma hasta el dictamen y a respaldar decisiones de compra de reactivos con evidencia local. De igual modo, ofrecería a los laboratorios criterios para declarar marca, límite de detección y referente en cada informe, con efectos sobre el control de calidad. La pertinencia se ancla en la necesidad de responder con rigor técnico a los delitos contra la libertad sexual, pues cada pericia demorada debilita la posición procesal de la víctima. En consecuencia, el objetivo de la investigación fue evaluar la concordancia y las características operativas de tres pruebas inmunocromatográficas clínicas de antígeno prostático específico (ECOTEST, CTK-BIOTECH y MONTEST) respecto a la prueba forense BLUESTAR Identi-PSA en hisopados vaginales de la Unidad Médico Legal II Lima Este del Perú.

Método

En el marco del objetivo, el estudio respondió a un enfoque cuantitativo con diseño observacional, transversal y de concordancia de pruebas diagnósticas, pues el propósito fue contrastar tres pruebas índice con una prueba de referencia sobre la misma unidad de análisis. La investigación no manipuló la presencia del antígeno prostático específico; se observó el comportamiento de cada dispositivo frente al eluato extraído de cada hisopado. Este diseño resulta apropiado para estimar el acuerdo entre métodos de medición en condiciones reales, sin asignación aleatoria de participantes a intervenciones. El nivel de medición correspondió a variables cualitativas dicotómicas, derivadas de la lectura de cada prueba, lo que habilitó el empleo de estadística descriptiva e inferencial no paramétrica. La unidad de análisis fue el eluato institucional y no la persona, decisión que reduce riesgos éticos y simplifica la logística.

Respecto a los participantes, la población accesible comprendió 57 hisopados vaginales de mujeres mayores de 18 años, derivados a Biología Forense de la UML II Lima Este para examen espermatoológico en los años fiscales 2021 y 2022. Los criterios de inclusión exigieron cadena de custodia íntegra, al menos dos hisopos por caso y buen estado de conservación de la evidencia. El estudio excluyó los rotulados incorrectos, los casos con un solo hisopo, las muestras mal conservadas y los expedientes inconclusos. Tras la depuración, la muestra final incluyó 50 eluatos, obtenidos por conveniencia institucional y acotados por el costo del kit forense; el tamaño no respondió a un cálculo previo de potencia para estudios de exactitud diagnóstica. Se anonimizó los datos con códigos internos, sin registro de nombres ni de datos sensibles de las víctimas.

En cuanto a los instrumentos, la prueba de referencia operacional fue la inmunocromatografía forense BLUESTAR Identi-PSA, con límite de detección (LoD, por sus siglas en inglés) declarado cercano a 3 ng/ml, instrumento institucional de tamizaje seminal. Las pruebas índice fueron tres inmunocromatografías clínicas semicuantitativas disponibles en el mercado local: ECOTEST y CTK-BIOTECH, con punto de corte cercano a 4 ng/ml, y MONTEST, con umbral comparable al reactivo forense. Se aplicó las tres pruebas índice fuera de su matriz original de suero o plasma, decisión deliberada para reproducir el uso pericial sobre eluatos salinos. La variable de respuesta fue el resultado dicotómico de cada dispositivo, clasificado como reactivo o no reactivo según la línea de prueba visible. No hubo intervención terapéutica ni procedimiento adicional sobre las personas, dado el carácter retrospectivo del análisis de laboratorio.

Asimismo, el procesamiento de las muestras siguió el procedimiento técnico de espermatoología forense vigente en el IMLCF. Cada hisopo se introdujo en 2 a 3 ml de solución salina de cloruro de sodio al 0.9 %, reposó durante un minuto y luego pasó por la centrifugación a 3500 revoluciones por minuto durante tres minutos. Del mismo sobrenadante, el técnico tomó alícuotas sucesivas de 100 microlitros o dos gotas, según el inserto de cada fabricante, y las inoculó en este orden: BLUESTAR, ECOTEST, CTK-

BIOTECH y MONTEST. Después de cada inoculación, el operador añadió el buffer específico de cada kit y realizó la lectura dentro de los 15 minutos siguientes. El orden fijo de siembra garantizó que las cuatro pruebas evaluaran material homogéneo y evitó el agotamiento medible del sobrenadante en volúmenes reducidos.

Sumado a lo anterior, la estrategia de cegamiento involucró a dos observadores independientes. El primer observador registró el resultado de la prueba forense de referencia; el segundo observador leyó las tres pruebas clínicas sin conocer ese resultado previo, lo que redujo el sesgo de confirmación. La lectura clasificó cada dispositivo como reactivo cuando la línea de prueba resultó igual o más intensa que la línea de control, o cuando el inserto del fabricante admitía la simple visibilidad de la línea; el dispositivo resultó no reactivo cuando la línea de prueba fue invisible o de menor intensidad. El estudio descartó como inválidos los dispositivos sin línea de control y no necesitó repeticiones, pues ningún equipo mostró ese defecto. Se volcaron los resultados en una hoja codificada que vinculó cada eluato con sus cuatro lecturas.

No menos importante, el control de calidad abarcó la trazabilidad documental de cada muestra, la verificación de las fechas de vencimiento de los reactivos y la constancia de las condiciones de almacenamiento. El intervalo entre la toma y el ensayo no fue uniforme, pues las muestras correspondieron a años fiscales anteriores; esa variabilidad define el alcance del hallazgo, ya que el antígeno se degrada con el tiempo y con las condiciones de custodia. El estudio midió la concordancia en el estado en que cada muestra llegó al laboratorio, no la concentración teórica al momento de la agresión. Esta decisión metodológica respeta la lógica pericial donde si la prueba forense de referencia no detectó antígeno en un eluato, la expectativa razonable es que las pruebas clínicas tampoco lo detectaran en ese mismo material.

En cuanto al análisis estadístico, se empleó los programas EPIDAT 3.1 y SPSS 27. Para cada prueba clínica frente al referente, se construyeron tablas de dos por dos y calculó sensibilidad, especificidad, índice de validez, valores predictivos e índice de Youden, con intervalos de confianza (IC) del 95 % y enfoque bilateral. La prueba de Shapiro-Wilk, aplicada a las variables auxiliares de custodia e intensidad de lectura, señaló una distribución no normal y respaldó la elección de estadísticos no paramétricos. El coeficiente kappa de Cohen midió el acuerdo más allá del azar, con significación de 0.05 y error estándar asintótico. Ante la ausencia de eventos discordantes, la regla de tres estimó el techo de error compatible: cerca de 10 % en los 29 positivos y 14 % en los 21 negativos.

En materia de ética, el protocolo recibió la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Privada Norbert Wiener y contó con la autorización institucional del IMLCF para el empleo de las muestras archivadas. Las participantes fueron mujeres mayores de 18 años que acudieron al examen médico legal por presuntos delitos contra la libertad sexual. El estudio trató los datos bajo los principios de confidencialidad, respeto y mínimo riesgo, sin contacto adicional con las víctimas. Se condujeron los procedimientos con personas conforme a los principios de la Declaración de Helsinki y a la normativa de

protección de datos personales. Se depuraron los registros de todo dato identificativo, se trabajó con códigos internos irreversibles y se custodió la base con acceso restringido. Se presentaron los resultados de forma agregada y sin posibilidad de reidentificación de casos individuales.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la investigación sobre la concordancia de tres pruebas inmunocromatográficas clínicas de antígeno prostático específico frente a una prueba forense de referencia en hisopados vaginales. El apartado describe la clasificación conjunta de las 50 muestras según cada prueba índice y el referente institucional, las características operativas con sus IC del 95 % y el coeficiente kappa de Cohen como medida del acuerdo más allá del azar. También aborda el comportamiento del índice de Youden y de los valores predictivos en función de la prevalencia aparente de la serie. Cada tabla reúne la información mínima para interpretar el desempeño de las pruebas sin saturar el texto, y la lectura de conjunto permite apreciar la magnitud del acuerdo entre tecnologías de la misma familia inmunológica.

En relación con lo anterior, la Tabla 1 expone la clasificación conjunta de las tres pruebas clínicas frente a la prueba forense de referencia en la serie completa de 50 eluatos. La tabla organiza, para cada marca comercial, el número de resultados que coincidieron con el referente en la categoría de reactivos y en la categoría de no reactivos y el conteo de discordancias totales. Esta presentación permite verificar si alguna prueba generó falsos positivos o falsos negativos frente al estándar operacional institucional. La columna de discordancias funciona como indicador sumario del desacuerdo, pues acumula los resultados reactivos para la prueba clínica con referente no reactivo y los casos opuestos. El conteo parte de la lectura ciega que el segundo observador realizó sobre el mismo sobrenadante inoculado en los cuatro dispositivos.

Tabla 1. *Clasificación conjunta de las tres pruebas clínicas y la prueba forense de referencia (n = 50).*

Prueba clínica	Concordancias positivas	Concordancias negativas	Discordancias
ECOTEST	29	21	0
CTK-BIOTECH	29	21	0
MONTEST	29	21	0

Como se aprecia en la Tabla 1, las tres pruebas clínicas reprodujeron sin excepción la clasificación del referente forense con 29 eluatos reactivos y 21 no reactivos, con cero discordancias para ECOTEST, CTK-BIOTECH y MONTEST. La coincidencia total implica que ningún caso mostró falso positivo ni falso negativo en la matriz real de trabajo, patrón que indica cargas de antígeno muy por encima del umbral operativo o por debajo del LoD de las cuatro pruebas. La serie no registró lecturas inválidas ni

repeticiones, detalle que respalda la estabilidad de los dispositivos en las condiciones del ensayo. Con todo, la ausencia de discordancias en 50 observaciones no garantiza la ausencia de error en series mayores, aspecto que la discusión retoma con las cotas de error correspondientes y con la lectura prudente de los intervalos.

De igual modo, la Tabla 2 reúne las características operativas puntuales de cada prueba clínica respecto a la prueba forense de referencia, con sus IC del 95 % calculados con EPIDAT 3.1. La tabla comprende sensibilidad, especificidad, índice de validez, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo, prevalencia aparente de la serie e índice de Youden, expresados en porcentajes. Estos indicadores resumen la capacidad de cada prueba para clasificar de modo correcto los eluatos con antígeno detectable y los eluatos sin antígeno detectable, en el contexto de una prevalencia aparente del 58.00 % propia del flujo institucional de casos. La lectura conjunta de los intervalos orienta sobre la precisión real de las estimaciones, pues valores puntuales idénticos pueden convivir con márgenes de incertidumbre distintos según el número de observaciones disponibles.

Tabla 2. Características operativas de las pruebas clínicas respecto a la prueba forense de referencia ($n = 50$).

Indicador	Valor	IC 95 % inferior	IC 95 % superior
Sensibilidad (%)	100.00	98.28	100.00
Especificidad (%)	100.00	97.62	100.00
Índice de validez (%)	100.00	99.00	100.00
Valor predictivo positivo (%)	100.00	98.28	100.00
Valor predictivo negativo (%)	100.00	97.62	100.00
Prevalencia aparente (%)	58.00	43.32	72.68
Índice de Youden	1.00	1.00	1.00

Los resultados descritos en la Tabla 2 indican que las tres pruebas alcanzaron valores puntuales idénticos: sensibilidad y especificidad de 100.00 %, índice de validez de 100.00 %, valores predictivos de 100.00 % e índice de Youden de 1.00. Los límites inferiores de los IC del 95 % no descendieron de 97.62 % para la especificidad ni de 98.28 % para la sensibilidad, cifras coherentes con 50 muestras sin eventos discordantes. La prevalencia aparente del 58.00 % refleja la proporción de eluatos con antígeno detectable por el referente, proporción propia de la demanda asistencial del laboratorio. La interpretación prudente exige recordar que el valor puntual de 100.00 % convive con un techo de error cercano a 10 % en positivos y 14 % en negativos, según la regla de tres.

En otro orden de ideas, la Tabla 3 presenta el coeficiente kappa de Cohen para cada contraste entre prueba clínica y referente forense, junto con el error estándar asintótico, el valor p y la interpretación cualitativa del acuerdo. El coeficiente mide la concordancia observada más allá del azar y toma el valor de 1.00 cuando el acuerdo es total, de modo

que su cálculo complementa las características operativas con una medida resumen del acuerdo global. La tabla consigna también la categoría descriptiva del índice, según la escala que califica de casi perfecto el rango de 0.81 a 1.00. Esta información resulta decisiva para juzgar si las tres marcas comerciales pueden tratarse como intercambiables en la práctica de tamizaje, al menos dentro de la matriz y del rango de concentraciones que la serie capturó.

Tabla 3. *Concordancia (kappa de Cohen) de cada prueba clínica con la prueba forense de referencia.*

Prueba clínica	Kappa	Error estándar	Valor p	Interpretación
ECOTEST	1.00	0.00	< 0.001	Casi perfecta
CTK-BIOTECH	1.00	0.00	< 0.001	Casi perfecta
MONTEST	1.00	0.00	< 0.001	Casi perfecta

Como se puede apreciar en la Tabla 3, el kappa de Cohen fue de 1.00, con error estándar de 0.00 y valor p menor que 0.001, para los tres contrastes de ECOTEST, CTK-BIOTECH y MONTEST frente a BLUESTAR Identi-PSA. El acuerdo casi perfecto en los tres pares confirma que la clasificación dicotómica coincide en la totalidad de los eluatos, sin contribución del azar. Este patrón es consistente con la lógica de umbrales pues los eluatos con carga seminal alta superan con holgura los cortes de 3 y 4 ng/ml, y los eluatos sin antígeno detectable quedan por debajo de ambos umbrales. La franja crítica entre 3 y 4 ng/ml, única zona capaz de generar discrepancias entre tecnologías, no apareció en la serie, vacío que delimita el alcance de la conclusión de concordancia.

Derivado de lo anterior, la cota de error compatible con los datos merece una lectura explícita. La aplicación de la regla de tres sobre 29 resultados positivos indica que una proporción de error igual a cero en la muestra admite, con confianza elevada, errores de hasta cerca del 10 % en series mayores; sobre 21 resultados negativos, el techo alcanza cerca del 14 %. Estos márgenes traducen la distancia entre el valor puntual y la realidad poblacional, y no constituyen defectos del ensayo sino propiedades del tamaño muestral. La implicación práctica es directa pues la concordancia perfecta respalda el uso orientativo de las pruebas clínicas en el contexto institucional, aunque la planificación de estudios confirmatorios con series de 120 a 130 hisopados resulta necesaria para precisar estimaciones cercanas a una sensibilidad de 0.95.

Discusión

El primer resultado por contrastar es la concordancia total de las tres pruebas clínicas con el referente forense en los 29 eluatos reactivos y los 21 no reactivos. Este resultado coincide con el estudio de [Rogers y Williams \(2026\)](#), en el que realizaron el análisis comparativo de ABACard p30, RSID Semen y Seratec PSA, marcas que mostraron especificidad elevada para semen humano, con diferencias solo en la sensibilidad

extrema. En sintonía con lo anterior, [Bardan et al. \(2024\)](#) evaluaron tarjetas inmunocromatográficas modificadas de p30 que documentó límites de detección compatibles con los umbrales ensayados y respaldó su empleo como confirmación rápida. A este aspecto se une la recuperación de perfiles genéticos completos a partir de tiras SERATEC ya usadas realizado por [Conte et al. \(2022\)](#), evidencia de que la lectura inmunocromatológica no compromete el material biológico para el análisis posterior.

Sin embargo, la lectura del 100.00 % de acuerdo exige matices que la literatura internacional plantea con total claridad. [Müller et al. \(2025\)](#) encontraron en un estudio retrospectivo de 484 muestras forenses que la prueba de PSA no resulta confiable para demostrar líquido seminal en hisopados rectales obtenidos después de la muerte. En la misma línea, la evaluación post mortem con Seratec PSA SemiQuant realizada por [Unuma et al. \(2023\)](#) en 283 mujeres fallecidas, mostró falsos positivos del 94.40 % entre las mayores de 60 años, atribuibles a fenómenos fisiológicos ajenos al contacto sexual. La presente serie, con hisopados de personas vivas y lecturas nítidas, escapó de esos escenarios; no obstante, esos antecedentes obligan a declarar la matriz y la condición de cada muestra, pues el desempeño del antígeno depende del contexto biológico.

Otro resultado es el par de sensibilidad y especificidad puntuales de 100.00 %, con techo de error cercano a 10 % y 14 %. En línea con esto, [Jimeno \(2026\)](#) realizaron una validación con curva característica operativa del receptor (ROC) en agresiones sexuales, mediante prueba secuencial, donde se estableció un corte óptimo de 0.085 ng/ml y se duplicó las identificaciones positivas frente a los umbrales tradicionales. De igual manera, [Stasiūnas et al. \(2025\)](#) describieron un caso judicial en Lituania donde mostraron que la prueba de PSA en hisopado vaginal, con un perfil genético parcial en ropa interior, sostuvo una condena por violación en una persona de 85 años, y el marcador conservó valor probatorio con prueba escasa. En paralelo, un protocolo simplificado con pruebas inmunocromatográficas biológica realizado por [Basset et al. \(2022\)](#) logró detectar sangre, saliva y semen desde una única traza.

Asimismo, se obtuvo el kappa de 1.00 en los tres contrastes, lo que dialoga con la confiabilidad que la justicia exige de la evidencia. Desde el propio Perú, [Bustamante y Villanueva \(2024\)](#) en estudio sobre factores de vulnerabilidad en menores insiste en que la evaluación forense interdisciplinaria debe nutrir el acervo probatorio, pues los operadores del derecho no siempre identifican los elementos técnicos. En la región, la automatización del procesamiento de kits de agresión sexual en un laboratorio brasileño presentado por [Kortmann et al. \(2024\)](#), redujo el rezago y obtuvo perfiles del cromosoma Y en el 10.40 % de los casos difíciles. La revisión sobre exámenes forenses tras violencia sexual en conflicto de [Rubini et al. \(2024\)](#) añade que la documentación pericial depende del entrenamiento, factor decisivo para que el kappa traduzca calidad real y no mera coincidencia.

De igual manera, otro resultado muestra la ausencia de discordancias pese a umbrales de 3 y 4 ng/ml, resultado sensible a la matriz y al sustrato. Un estudio piloto llevado a cabo por [Beveridge et al. \(2024\)](#) sobre detección de sangre, semen y saliva a través de telas

registró desempeños desiguales según el tejido, con pérdida de señal en sustratos rugosos. Con igual cautela, [Aobaom et al. \(2025\)](#) presentaron un modelo de inteligencia artificial con luz poliluz mejoró la detección de manchas de semen en soportes complejos y redujo la subjetividad del operador. Como complemento, [Argo et al. \(2026\)](#) verificaron la persistencia espermática bajo distintas condiciones de custodia, con Sperm Tracker y pruebas RSID, lo que confirmó que la contaminación y el sustrato modifican la detectabilidad. Los eluatos salinos ensayados eludieron esa variabilidad al unificar la matriz de trabajo.

En otra dimensión, el acuerdo observado no equivale a validación analítica frente a referentes cuantitativos, campo donde las alternativas moleculares avanzan. En relación con esto, [Kubo et al. \(2022\)](#) encontraron que la detección de marcadores de ARN mensajero de sangre y semen mediante amplificación con recombinasa, con lo que se identificaron ambos fluidos en menos de una hora. La revisión de [Liu et al. \(2026\)](#) sobre marcadores de ARN en el análisis forense de fluidos destaca su especificidad, estabilidad y aptitud para vincular el fluido con el individuo. Como complemento, la espectroscopia infrarroja con reflectancia total atenuada discriminó mezclas de semen y fluido vaginal en simulaciones de agresión sexual según [Ünsal y Hersekli \(2025\)](#). Frente a esos instrumentos, las pruebas inmunocromatográficas conservan ventajas de costo y de simplicidad, pero su estatus de tamizaje obliga a declarar esa condición en el dictamen.

Sumado a lo anterior, el argumento operativo del ensayo conecta con la discusión global sobre eficiencia pericial en contextos de recursos limitados. Para [Hudson y Dawson \(2024\)](#), la lisis diferencial modificada con enzimas y álcali redujo a 25 minutos la separación de fracciones espermáticas y no espermáticas y mejoró la proporción masculino-femenina del ADN en 3.01 veces, evidencia de que los cuellos de botella admiten soluciones de bajo costo. En interpretación, un caso con patrón trialélico somático en D18S51 y Penta D realizado por [Sala et al. \(2026\)](#), mostró que la valoración estadística del perfil genético puede elevar el valor de concordancia entre sospechoso y evidencia, siempre que el laboratorio registre la naturaleza del resultado. Esas experiencias refuerzan la idea de que el dictamen combina marcadores serológicos, perfiles genéticos y criterios estadísticos explícitos.

Como complemento, la lectura pericial del semen gana profundidad cuando el análisis admite otros rastros y ventanas temporales. Una revisión sistemática realizada por [Mussabekova et al. \(2025\)](#) sobre el valor forense de los rastros de condón en agresiones sexuales documenta que lubricantes, espermicidas y polímeros aportan información complementaria al material biológico y orientan la reconstrucción del hecho. En ese horizonte, la estimación del tiempo transcurrido desde la deposición de manchas de semen en sustratos porosos, mediante espectroscopias infrarroja y Raman con modelos discriminantes, ordenó las muestras según su antigüedad, capacidad útil para contrastar versiones ([Cano et al., 2026](#)). La presente investigación aporta a ese ecosistema probatorio un dato básico y pendiente en el ámbito local pues la concordancia de las pruebas de tamizaje disponibles en la matriz vaginal real del sistema pericial peruano.

Ahora bien, el estudio presenta limitaciones que acotan el alcance de las conclusiones. La primera radica en el tamaño muestral de 50 eluatos, insuficiente para precisar sensibilidad y especificidad poblacionales; el 100.00 % convive con cotas de error de 10 % y 14 %. La segunda corresponde al referente, pues BLUESTAR Identi-PSA es otra inmunocromatografía y no un estándar cuantitativo; la concordancia entre tecnologías afines era plausible. La tercera atañe a la matriz, dado que el eluato salino difiere del suero y del plasma, las matrices de origen de las pruebas clínicas. La cuarta involucra la ausencia de diluciones seriadas y de controles de concentración conocida entre 3 y 4 ng/ml. Otra, remite al muestreo por conveniencia, acotado por el costo del kit forense y por el alcance de una sola unidad.

De cara a futuras investigaciones, la agenda se ordena en tres frentes complementarios. Se demanda series dimensionadas de modo formal, de 120 a 130 hisopados, para precisar una sensibilidad cercana a 0.95. Se requiere ensayos con diluciones seriadas y muestras de concentración conocida entre 3 y 4 ng/ml, junto con un referente cuantitativo de tipo enzimático o microscopía de espermatozoides, de modo que la equivalencia analítica deje de ser hipótesis. También, se plantea validar las mismas marcas en prendas, condones, piel y otros sustratos de interés pericial, con tiempos de custodia controlados y lectura doble ciego. Ese núcleo admite, además, estudios de costo-efectividad y de aceptación institucional, pues la incorporación de pruebas clínicas al flujo forense exige evidencia técnica sólida y respaldo presupuestario y normativo para su sostenibilidad.

Conclusiones

En atención al objetivo, la investigación alcanzó el propósito planteado al documentar una concordancia operativa total entre las tres pruebas inmunocromatográficas clínicas y la prueba forense de referencia en 50 hisopados vaginales de la UML II Lima Este. ECOTEST, CTK-BIOTECH y MONTEST reprodujeron los 29 resultados reactivos y los 21 no reactivos del referente, con sensibilidad y especificidad puntuales de 100.00 %, valores predictivos de 100.00 %, índice de Youden de 1.00 y kappa de Cohen de 1.00 en los tres contrastes. Ese acuerdo convive con cotas de error cercanas a 10 % en positivos y 14 % en negativos, derivadas del tamaño de la serie. El aporte central consiste en ofrecer la primera evidencia local, sobre la matriz real de trabajo, del desempeño de alternativas clínicas de bajo costo frente al reactivo institucional.

En esa misma línea, la contribución se circunscribe a eluatos con antígeno presente o ausente con nitidez, condiciones en las que la concordancia casi perfecta resulta operativa para el tamizaje pericial. Los resultados no autorizan la afirmación de equivalencia analítica en la franja de 3 a 4 ng/ml ni la sustitución plena del kit forense, pues el referente fue otra inmunocromatografía y la matriz difiere del suero, el fluido de origen de las pruebas clínicas. En términos de implicaciones prácticas, los resultados respaldan el uso de las pruebas clínicas como opción orientativa cuando el reactivo institucional no esté disponible, siempre que el dictamen declare la marca, el LoD y la condición de referencia

operacional. Esa transparencia protege el valor probatorio, evita sobreinterpretaciones judiciales y reduce el riesgo de impugnación por sobreextensión de los alcances.

De igual modo, las recomendaciones derivan de los datos y de los vacíos identificados. Conviene ampliar la serie a 120 o 130 hisopados para precisar estimaciones cercanas a una sensibilidad de 0.95, incorporar diluciones controladas y un referente cuantitativo, y extender la validación a prendas, condones y otros sustratos antes de considerar la estandarización nacional. En el plano institucional, la gestión de compras puede apoyarse en el diferencial de costo entre reactivos clínicos y forenses para ampliar la cobertura de tamizaje con el mismo presupuesto. La formación continua del personal pericial en la lectura y en la declaración de umbrales merece atención, pues la calidad del dictamen depende del dispositivo y del criterio del observador. Con esas medidas, la cadena pericial peruana ganará solidez técnica frente a los delitos contra la libertad sexual.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron a la conceptualización del estudio, desarrollo metodológico, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica de su contenido intelectual. Todos aprobaron la versión final para su publicación.

Financiamiento: Los autores declaran que no recibieron financiamiento para esta investigación.

Certificación ética: El estudio se desarrolló mediante el análisis de muestras biológicas institucionales, bajo procedimientos de confidencialidad y resguardo de la información, respetando los principios éticos aplicables a la investigación forense.

Referencias

- Aobaom, S., Kongnapakdee, T. y Romgaew, T. (2025). Enhanced semen stain detection through the synergistic integration of a prototype artificial intelligence (AI) model and polilight technique. *Forensic Science International*, 377, 112667. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2025.112667>
- Argo, A., Puntarello, M., Malta, G., Tarantino, M., Midiri, M., Pellerito, S., Albano, G. D. y Zerbo, S. (2026). Verification of the persistence of sperm traces under different chain-of-custody conditions. *Care pathway and justice for victims of sexual violence and abuse. Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 22(2), 533-540. <https://doi.org/10.1007/s12024-025-01149-7>
- Bardan, F., Taylor, D. y Henry, J. (2024). Sensitivity assessment of the modified ABACard® HemaTrace® and p30 immunochromatographic test cards. *Forensic Science International*, 364, 112234. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112234>
- Basset, P., Blandin, P., Grini, A., Delemont, S., Samie, L. y Castella, V. (2022). A simplified protocol for the detection of blood, saliva, and semen from a single biological

trace using immunochromatographic tests. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 18(2), 141-148. <https://doi.org/10.1007/s12024-021-00453-2>

Beveridge, T., Szkuta, B., van Oorschot, R. A. H. y Durdle, A. (2024). The detection of blood, semen and saliva through fabrics: A pilot study. *Forensic Science International*, 361, 112153. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112153>

Borisov, A. V., Snegerev, M. S., Colón-Rodríguez, S., Fikiel, M. A., Lednev, I. K. y Kistenev, Y. V. (2024). Identification of semen traces at a crime scene through Raman spectroscopy and machine learning. *Scientific Reports*, 14, 23070. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73563-w>

Bustamante, S. T. y Villanueva, E. W. (2024). Factores de vulnerabilidad en niños y adolescentes víctimas de violencia sexual. *Llapanchikpaq: Justicia*, 6(8), 57-80. <https://doi.org/10.51197/lj.v6i8.974>

Cainé, L., Amorim, A., Almeida, A. y Fadoni, J. (2026). Detection of semen in forensic samples. *Forensic Sciences Research*, 11(1), tfsr20250120. <https://doi.org/10.3788/tfsr20250120>

Campbell, R., Gregory, K., Goodman-Williams, R., Javorka, M. y Engleton, J. (2025). The prosecution of sexual assault cases with forensic DNA evidence: Survivors' testimony experiences. *Psychology, Public Policy, and Law*, 31(2), 204-216. <https://doi.org/10.1037/law0000453>

Cano, C., Ortega, F. E., García, C. y Montalvo, G. (2026). Forensic estimation of semen stains' time since deposition on porous substrates using ATR FTIR and Raman spectroscopy supported by OPLS-DA models. *Forensic Chemistry*, 48, 100734. <https://doi.org/10.1016/j.forc.2026.100734>

Conte, J., Ruddy, A., Domonoski, L., Shanahan, A., Daley, N., McDevitt, C. y Roca, G. (2022). Recovery of DNA from SERATEC® immunochromatographic PSA and saliva test strips. *Journal of Forensic Sciences*, 67(3), 1176-1183. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14999>

De La Chica, A., Birkett, J., Akwei, C., Lamont, D. y Dawnay, N. (2025). Improving the forensic genetic workflow for countries with small geographical areas: What are the options and how cost effective are they? *Forensic Science International: Genetics*, 74, 103171. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2024.103171>

Enríquez, Y., Cahui, C. R. y Díaz, G. M. (2024). Aproximación ecológica a las características y factores determinantes de la violencia sexual contra adolescentes en Perú. *Biomédica*, 44(2), 230-247. <https://doi.org/10.7705/biomedica.7131>

Howes, L. M., Julian, R., Wilson, R. y Dos Santos, M. C. (2024). Forensic science capacity development: A case study of Timor-Leste. *Forensic Science International: Synergy*, 9, 100553. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2024.100553>

Hudson, B. C. y Dawson Green, T. (2024). Modified differential lysis for sexual assault samples using a combined enzymatic and alkaline approach. *Forensic Science Research*, 9(2), owae022. <https://doi.org/10.1093/fsr/owae022>

- Jimeno, F. (2026). PSA and ROC curve: Validation and cutoff for forensic sexual assault cases through sequential testing. *Journal of Forensic Sciences*, 71(3), 1121-1129. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.70268>
- Kortmann, G., Magalhães Leboutte, A. P., Netto Benett, M. R. y Pereira Gonzalez, T. (2024). Processing the backlog of sexual assault evidence from a Brazilian forensic genetics laboratory using automation. *Arab Journal of Forensic Sciences & Forensic Medicine*, 6(1), 4-9. <https://doi.org/10.26735/ADAW2637>
- Kubo, S., Niimi, H. y Kitajima, I. (2022). Rapid detection of blood and semen mRNA markers by reverse transcription-recombinase polymerase amplification. *Forensic Science International: Genetics*, 58, 102665. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2022.102665>
- Liu, Z., Wang, J., Li, Z. y Zhang, G. (2025). mRNA for body fluid and individual identification. *Electrophoresis*, 46(1-2), 44-55. <https://doi.org/10.1002/elps.202400077>
- Liu, Z., Wu, R., Li, H., Cong, B. y Sun, H. (2026). Application of RNA markers in forensic body fluid analysis: From specificity and stability to polymorphism. *International Journal of Legal Medicine*, 140(2), 587-604. <https://doi.org/10.1007/s00414-025-03656-2>
- Medina, F., Kuba, B., Kryvorutsky, E., Roca, G. y Zapico, S. C. (2024). Assessment of blood and semen detection and DNA collection from swabs up to three months after deposition on five different cloth materials. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(6), 3522. <https://doi.org/10.3390/ijms25063522>
- Mohd, A., Mohd, N. H. N. y Hamzah, N. H. (2026). Forensic reliability of body fluids in sexual assault investigations: A systematic review. *Analytica*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.3390/analytica7010021>
- Müller, C., Tièche, E. P. y Zieger, M. (2025). PSA is not suitable as a reliable marker for seminal fluid in rectal samples collected post-mortem. *Forensic Science International: Reports*, 11, 100409. <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2025.100409>
- Mussabekova, S. A., Frascione, N. y Assylbayeva, L. B. (2025). Forensic significance of condom traces in sexual assault investigations: A systematic review. *Science & Justice*, 65(6), 101341. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2025.101341>
- Rogers, H. y Williams, R. C. (2026). A comparative analysis of accuracy and sensitivity in semen testing: ABACard p30™, RSID Semen™, and Seratec PSA™. *Journal of Forensic Sciences*, 71(1), 541-545. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.70194>
- Rubini, E., Valente, M., Sguazzi, G., Trentin, M., Ragazzoni, L. y Gino, S. (2024). Forensic medical examination after conflict-related sexual violence: A scoping review of the literature. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 106, 102736. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2024.102736>
- Sala, A., Caputo, M., Schatz, C., Corach, D., Egeland, T. y Marsico, F. (2026). Cell-type-dependent expression of a somatic tri-allelic pattern at D18S51 and Penta D: The statistical interpretation of forensic evidence in sexual assault investigations. *Forensic Science International: Genetics*, 82, 103425. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2026.103425>

Sardinha, L., Stöckl, H., Maheu-Giroux, M., Meyer, S. y García, C. (2024). Global prevalence of non-partner sexual violence against women. *Bulletin of the World Health Organization*, 102(8), 582-587. <https://doi.org/10.2471/blt.23.290420>

Stasiūnas, A., Stasiūnienė, J., Vasiljevaitė, D., Chmieliauskas, S., Laima, S., Mankevičius, P., Šimakauskas, R. y Fomin, D. (2025). The significance of prostate-specific antigen in forensic examinations of sexual violence: A case report. *Medicine, Science and the Law*, 65(4), 345-350. <https://doi.org/10.1177/00258024251330100>

Ünsal, T. y Hersekli, İ. (2025). 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*, 49, 40. <https://doi.org/10.1186/s42269-025-01334-2>

Unuma, K., Sato, H., Wen, S., Makino, Y., Hirakawa, A. y Uemura, K. (2023). The proportion of false-positives in positive Seratec® prostate-specific antigen SemiQuant test results in postmortem screening for seminal fluid. *Legal Medicine*, 62, 102243. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2023.102243>

Wieberneit, M., Thal, S., Clare, J., Notebaert, L. y Tubex, H. (2024). Silenced survivors: A systematic review of the barriers to reporting, investigating, prosecuting, and sentencing of adult female rape and sexual assault. *Trauma, Violence, & Abuse*, 25(5), 3742-3757. <https://doi.org/10.1177/15248380241261404>

Wood, G. J., Smith, J. A. S. y Gall, J. A. (2023). The optimal timing of forensic evidence collection following paediatric sexual assault. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 95, 102499. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2023.102499>



Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).