



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**E.A.P. BIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA**



**TESIS**

Efecto de diferentes procesos de lavado sobre la persistencia de células espermáticas en  
soportes textiles de interés forense.

**PRESENTADO POR:**

Bach. Rossana Lizeth Vargas Bazán

**ASESORA:**

Dra. Mblga. Claudia Carolina Rodríguez Ulloa

**Cajamarca-Perú**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: **Rossana Lizeth Vargas Bazán**  
DNI: **73323550**  
Escuela Profesional/Unidad UNC: **ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA**
2. Asesor:  
**Dra. Mblga. CLAUDIA CAROLINA RODRÍGUEZ ULLOA**  
Facultad/Unidad UNC: **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**
3. Grado académico o título profesional al que accede:  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis     Trabajo de investigación     Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
**Efecto de diferentes procesos de lavado sobre la persistencia de células espermáticas en soportes textiles de interés forense**
6. Fecha de evaluación del antiplagio: **3/7/2025**
7. Software antiplagio:  TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **8%**
9. Código Documento: **oid:3117:471593964**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 **APROBADO**     **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Cajamarca, 4 de julio del 2025



\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

Copyright©

**Rossana Lizeth Vargas Bazán**

Todos los derechos reservados

## FICHA CATALOGRÁFICA

Vargas Bazán, R. 2025. **Efecto de diferentes procesos de lavado sobre la persistencia de células espermáticas en soportes textiles de interés forense.**

Rossana Lizeth Vargas Bazán.

Escuela Académico Profesional de Biología y Biotecnología

Asesora: Dra. Claudia Carolina Rodríguez Ulloa

Disertación Académica para optar el Título Profesional de Biólogo Biotecnólogo

UNC – 2025.

**Efecto de diferentes procesos de lavado sobre la persistencia de células  
espermáticas en soportes textiles de interés**

**AUTORA:** Rossana Lizeth Vargas Bazán

**ASESORA:** Dra. Claudia Carolina Rodríguez Ulloa

Tesis Evaluada y aprobada para la obtención del Título Profesional de Biólogo  
Biotecnólogo de la Universidad Nacional de Cajamarca, por los siguientes jurados.

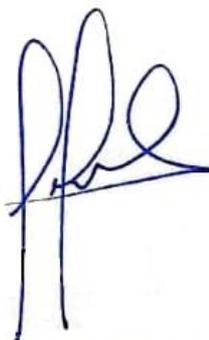
**JURADO EVALUADOR**



---

**Presidente**

PhD. Ronald Fernando Zelada Mazmela



---

**Secretario**

Dr. Walter Aldo Grau Chávez



---

**Vocal**

M. Cs. William Edgardo Soriano Castillo



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

Facultad de Ciencias de la Salud

Av. Atahualpa 1050

Teléfono/ Fax 36-5845



MODALIDAD "A"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO

En Cajamarca, siendo las 09:10 del 27 de Junio del 2025, los integrantes del Jurado Evaluador para la revisión y sustentación de la tesis, designados en Consejo de Facultad a propuesta del Departamento Académico, reunidos en el ambiente 1D-101 de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Cajamarca, dan inicio a la sustentación de tesis denominada: Efecto de diferentes procesos de lavado sobre la persistencia de células espermáticas en sportes textiles de interés forense

del (a) Bachiller en Ciencias Biológicas:

Rossana Lizeth Vargas Bazán

Siendo las 09:50 del mismo día, se da por finalizado el proceso de evaluación, el Jurado Evaluador da su veredicto en los siguientes términos: Muy Buena, con el calificativo de: 18, con lo cual el (la) Bachiller en Ciencias Biológicas se encuentra Aprobada para la obtención del Título Profesional de: **BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO**.

Miembros Jurado Evaluador Nombres y Apellidos		Firma
Presidente:	<u>Ronald Fernando Zebeda Mujmela</u>	
Secretario(a):	<u>WALTER ALDO GRAN CHAVEZ</u>	
Vocal:	<u>WILLIAM EDGARDO SORIANO CASTILLO</u>	
Accesitaria:		
Asesor (a):	<u>Claudia Carolina Rodríguez Ulloa</u>	
Asesor (a):		

Términos de Calificación:

EXCELENTE (19-20)

MUY BUENO (17-18)

BUENO (14-16)

REGULAR (12-13)

REGULAR BAJO (11)

DESAPROBADO (10 a menos)

## **Agradecimiento:**

Agradezco a Dios, por verme, obrar en mi vida y permitirme disfrutar de su presencia y algunos de sus sueños.

Agradezco a mi madre, Rossana Bazán Moreno por su cuidado durante todos estos años. A mi padre, José Edmundo Vargas Malásquez, por las charlas y el tiempo compartido. A ambos por insistirme y apoyarme en la realización de este y más proyectos.

Agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca por permitirme avanzar en mi formación académica y profesional.

Quiero expresar mi inmensa gratitud a mi asesora, Dra. Mblga. Claudia Carolina Rodríguez Ulloa, por su invaluable apoyo y orientación en la redacción, análisis y procesamiento de datos del presente trabajo. Aprecio y agradezco su interés en mi tema de investigación, así como su disposición, dedicación, esfuerzo y paciencia para guiarme.

Agradezco al laboratorio de Biología Forense de la Oficina de Criminalística -Cajamarca, por brindarme el espacio y los recursos para la realización de esta tesis. Asimismo, al personal de la OFICRI, en particular al Blgo. Erick Duberlí Pérez Espejo por compartir sus conocimientos en el área forense, tanto durante la realización de mis practicas preprofesionales como en la realización de esta investigación, y al suboficial Jhordan Galán Llanos, por su amistad y guía en los procedimientos realizados por el área.

Mencionar al laboratorio Llontop, quienes me permitieron el acceso a sus instalaciones, proporcionándome las muestras necesarias para realizar este proyecto. En sobre manera agradecer al Blgo Víctor Llontop, Blga Ericka Llontop, Tec. Milagros y Tec. Alexis.

Agradecer a mis amigas y amigos, quienes me incentivaron a continuar con la realización de esta investigación, finalmente, agradecer a mi budita, por su compañía durante las noches.

## **Tabla de contenido**

CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. Antecedentes de la investigación .....	3
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Biología forense .....	7
Espermatología forense.....	8
Semen.....	9
Manchas de semen .....	12
Métodos Forenses en el Análisis de Semen.....	14
2.2.2. Soportes textiles .....	19
2.2.3. Agentes Químicos de Lavado .....	21
CAPÍTULO III.....	23

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	23
3. 1. Nivel de investigación .....	23
3. 2. Tipo y diseño de investigación .....	23
3. 3. Soportes textiles: selección y preparación .....	23
3. 4. Material biológico.....	24
3. 5. Transporte de muestras .....	25
3. 6. Impregnación en soportes textiles.....	25
3. 7. Procesos de lavado.....	26
3. 10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	30
3. 11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	30
CAPÍTULO IV .....	31
4.1. Resultados.....	31
4.2. Discusión .....	38
CAPÍTULO V.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45

5.1. Conclusiones .....	45
5.2. Recomendaciones .....	45
LISTA DE REFERENCIAS .....	46
APÉNDICES Y ANEXOS .....	63
APÉNDICES .....	63

## **Lista de abreviaciones**

ADN: ácido desoxirribonucleico.

CEM: Centro de Emergencia Mujer.

FA: Fosfatasa ácida.

MMF: Man-Made Fibers.

OFICRI: Oficina de Criminalística.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

P30 o PSA: Antígeno Prostático Específico.

pH: Potencial de hidrógeno.

PNP: Policía Nacional del Perú.

UV: Ultravioleta.

**Efecto de diferentes procesos de lavado sobre la persistencia de células espermáticas  
en soportes textiles de interés forense.**

## **RESUMEN**

La violación sexual es un delito cuya incidencia continúa en aumento. Durante su comisión, es frecuente el intercambio de fluidos biológicos, como el semen, tanto entre la víctima y el agresor como en el entorno del hecho, incluyendo superficies y prendas de vestir. Cuando el semen se deposita sobre textiles, su detección puede verse comprometida por acciones posteriores, como el lavado de la ropa. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes condiciones de lavado (el tipo de tela, los agentes de limpieza y la frecuencia del lavado) sobre la persistencia de células espermáticas. Para ello, se impregnaron muestras de semen en tres tipos de tejido y, tras el secado completo, se sometieron a lavados con diversos agentes químicos. Se realizó el recuento de células espermáticas mediante microscopía óptica tras tinción con cristal violeta. Los resultados indicaron una mayor persistencia de células espermáticas en telas de algodón, una reducción proporcional al número de lavados manuales, y un efecto de eliminación más marcado al utilizar jabón en comparación con otros agentes químicos. En conclusión, la persistencia de células espermáticas en soportes textiles está significativamente influenciada por el tipo de tejido, el número de lavados y el agente de limpieza empleado.

**Palabras clave:** violación sexual, forense, semen, espermatozoides, persistencia celular, textiles, lavado, agente químico, frecuencia de lavado.

## **ABSTRACT**

Sexual assault is a criminal offense with a rising incidence worldwide. During such crimes, the exchange of biological fluids (particularly semen) is frequently observed between the victim and the perpetrator, as well as on objects and surfaces at the crime scene, including clothing. The detection of semen traces on textiles can be significantly affected by post-incident activities, such as washing. This study aimed to evaluate the impact of various washing conditions (specifically fabric type, cleaning agents, and washing frequency) on the persistence of sperm cells on textile materials. The experimental procedure was conducted in a controlled environment, where semen samples were deposited on three different types of fabric. After complete drying, the fabrics were subjected to washing using a range of chemical agents. The samples were then processed according to the forensic guidelines established by the Peruvian National Police. Sperm cell quantification was performed through microscopy following crystal violet staining. Results demonstrated a higher persistence of sperm cells on cotton fabrics, a progressive decrease in cell count with an increasing number of manual washes, and a significantly greater reduction when soap was used compared to other chemical agents. In conclusion, the persistence of sperm cells on textile substrates is notably influenced by the type of fabric, the number of washing cycles, and the chemical properties of the cleaning agent applied.

**Key words:** Sexual assault, forensic science, semen, spermatozoa, cellular persistence, textiles, washing, chemical agent, washing frequency.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la violación sexual como la penetración no autorizada de la víctima, ya sea con partes del cuerpo del agresor o con objetos (1). En los últimos años, hay un incremento de este tipo de delito a nivel mundial (2), y el contexto peruano no es ajeno a esta tendencia. Según información del Centro de Emergencia de la Mujer (CEM), entre los meses de enero y marzo de 2025 se evidenció un incremento del 11 % en los casos de violación sexual respecto al mismo periodo del año anterior. A nivel regional, el departamento de Cajamarca registró un aumento del 30 % en la incidencia de estos delitos entre 2021 y 2024 (3).

Durante el desarrollo de una agresión sexual, se produce el intercambio de fluidos biológicos entre la víctima, el agresor y el entorno donde ocurre el hecho. Gracias a su naturaleza, los fluidos biológico sirven como evidencia, por tanto, su identificación y estudio son fundamentales en el ámbito de la investigación forense. Entre los diferentes indicios, el semen es uno de los más relevantes, ya que permite establecer una conexión directa entre el autor del delito y la víctima. Para garantizar la validez de esta evidencia, su análisis debe realizarse bajo estrictos protocolos técnicos y normativos que aseguren la fiabilidad de los resultados (4)

Los métodos empleados en la detección de semen suelen hacer el análisis de sus componentes, uno de los más usados en laboratorios de criminalística es la observación microscópica de células espermáticas, destaca por su bajo costo, rapidez y alta

sensibilidad. Esta técnica es reconocida como el “estándar de oro” para la identificación de fluidos seminales en investigaciones relacionadas con delitos sexuales, tanto en el Perú como a nivel internacional (5–8).

No obstante, uno de los principales desafíos en el análisis forense del semen es la posible alteración o pérdida de la evidencia biológica, especialmente cuando esta se encuentra en prendas de vestir u otros soportes textiles. La exposición a procedimientos de lavado puede causar la destrucción o eliminación completa de los espermatozoides, afectando la validez de la evidencia (11). En este sentido, el presente estudio busca analizar cómo distintas condiciones de lavado; considerando el tipo de tela, los agentes de limpieza y la frecuencia del lavado; afectan la persistencia de células espermáticas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

En el 2018, en Australia, la investigación realizada por Nolan evaluó la persistencia del semen en distintos tipos de tejidos tras ser sometidos a seis lavados consecutivos con agua fría y detergente, como soportes textiles incluyeron algodón, felpa, nailon, polar, satén y encaje. Para la identificación del fluido seminal se aplicaron tres técnicas forenses: fluorescencia, detección de fosfatasa ácida y análisis microscópico. Los resultados indicaron que, tras un solo ciclo de lavado, la fluorescencia seguía siendo detectable en los tejidos de algodón, felpa y polar. Asimismo, la fosfatasa ácida permanecía presente en el algodón después del primer lavado. De forma significativa, se observó la persistencia de espermatozoides en los soportes de algodón y felpa incluso después de los seis lavados, mientras que, en los soportes de nailon, satén y encaje, la detección espermática se limitó a uno o dos lavados. Estos hallazgos destacan la variabilidad en la capacidad de retención de fluidos y células entre los distintos tipos de material textil, lo cual posee implicancias relevantes en contextos forenses (9).

Durante el 2020, en México, Gonzales evaluó la sensibilidad de tres técnicas forenses empleadas en la detección de fluido seminal humano: inmunoensayo para antígeno prostático específico (P30), luz ultravioleta y microscopía con tinción de azul de metileno. El estudio buscó rastros de semen en diferentes tipos de tela (algodón, poliéster, licra y mezclilla) después de haber sido sometidas a tres lavados con distintos agentes químicos:

agua destilada, blanqueador, detergente líquido y detergente sólido. Entre cada lavado hubo un periodo de espera de 30 días, de tal manera, la primera muestra fue analizada dentro de las primeras 24 horas posteriores al primer lavado, la segunda a los 30 días, y la tercera a los 60 días. Solo se evidenciaron rastros de semen luego del primer lavado mediante luz ultravioleta y microscopia ya que luego del tercer lavado ninguna de las técnicas logró detectar restos seminales. Además, se observó que el blanqueador y los detergentes fueron los agentes químicos que más afectaron la detección, generando también falsos positivos. Estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar tanto el tipo de tejido, los productos utilizados en el proceso de lavado y el tiempo al analizar evidencia textil en investigaciones forenses (10).

Un año después, en el año 2021, en Pakistán, Ahmed y su equipo evaluaron como distintos entornos acuáticos; agua del grifo, agua de río, agua de piscina y agua de canal; influían en la capacidad de retención de fluido seminal en cinco tipos de tejidos: khaddar, lino, seda, poliéster y gasa. Asimismo, las prendas estuvieron en inmersión durante intervalos de tiempo: 24 horas, 48 horas, 72 horas, 4 días, 7 días y 14 días. Para el análisis forense, se emplearon técnicas de detección mediante luz alternativa, la prueba de fosfatasa ácida y la observación microscópica con tinción Kernechtrot–Picro–índigo–carmín obtuvieron que, la fluorescencia fue detectable en casi todos los tejidos, a excepción de la gasa, donde no se observó fluorescencia cuando esta fue sumergida en agua de grifo y agua de canal. En cuanto a la fosfatasa ácida, estuvo presente en todas las muestras, en algunos casos no se logró evidenciar restos de este compuesto a partir del tercer día, sin embargo, en la mayoría aún se podía identificar hasta los 14 días. Resultados semejantes se obtuvieron respecto a la persistencia de estructuras celulares

espermáticos, aunque la mayoría lograron mantenerse detectables hasta los 7 días de inmersión. Estos hallazgos evidencian como influye el tiempo y el entorno acuático en la desintegración de fluidos biológicos, siendo de importancia para evidencia forense que ha estado expuesta a ambientes hídricos durante períodos prolongados (11).

Durante el año 2024, en Argentina, el estudio de la investigadora Vilte evaluó como el lavado, la temperatura (7 y 17 °C) y el tiempo (30 días), influían en la persistencia de fluido. Entre los soportes sujetos a evaluación se incluyen textiles de vedetina y medias soquetes, las cuales fueron sometidas a lavado en lavadora automática utilizando jabón líquido. La detección del fluido seminal se efectuó mediante tres métodos: luz ultravioleta, inmunoensayo (enfocado en la detección del antígeno prostático específico, PSA) y microscopía. Obteniéndose como resultado una mayor sensibilidad en el inmunoensayo bajo las condiciones experimentales antes mencionadas. La detección mediante luz ultravioleta arrojó fluorescencia tenue en dos muestras, mientras que el análisis microscópico no evidenció la presencia de células espermáticas, siendo negativo en todos los casos (12).

A lo largo del año 2023, en Perú, Sarmiento desarrolló un estudio orientado a evaluar la persistencia e integridad de los espermatozoides en múltiples soportes textiles. Para ello, analizaron pruebas reales, como preservativos y ropa interior sintética y de algodón. El análisis microscópico se realizó empleando las coloraciones Christmas Tree y hematoxilina-eosina. Los resultados evidenciaron una mayor probabilidad de encontrar espermatozoides completos en soportes de látex, mientras que en los soportes sintéticos y de algodón predominaban estructuras espermáticas incompletas. Asimismo, se destacó

la eficacia de la coloración Christmas Tree para diferenciar con mayor claridad entre espermatozoides completos e incompletos, destacando su utilidad en el ámbito forense. Estos hallazgos destacan como el soporte textil influye en la integridad morfológica de los espermatozoides (14).

Ese mismo año, 2023, una investigación desarrollada en el sur del Perú desarrollada por Rivera evaluó la persistencia de restos seminales en soportes de algodón y material sintético, tras ser sometidos a procesos de lavado manual y en lavadora, utilizando jabón y detergente como agentes químicos. Los componentes evaluados fueron: el antígeno prostático específico (PSA), mediante inmunoensayos; la fosfatasa ácida, por colorimetría; y los espermatozoides, mediante microscopía. Los resultados revelaron que, en las prendas de algodón, se logró detectar de forma persistente el PSA, la fosfatasa ácida prostática y células espermáticas. En cambio, en las prendas sintéticas, la presencia de espermatozoides osciló entre el 60% y el 100%, sin detectarse otros marcadores específicos asociados al fluido seminal. Estos hallazgos subrayan la influencia del tipo de soporte textil y del método de lavado en la preservación y detección de evidencia biológica (15).

Asimismo en el año 2023, en la ciudad de Trujillo, Perú, Chamocho y su equipo siguieron el propósito de evaluar el efecto del lavado con tres tipos de detergentes sobre la persistencia de espermatozoides presentes en prendas íntimas de algodón. Para ello, remojaron las prendas durante 24, 48 y 72 horas. Posteriormente, se identificaron estructuras espermáticas mediante microscopía óptica con tinción cristal violeta, encontrándose cabezas de espermatozoides en todas las muestras analizadas, sin que el

tipo de detergente ni el tiempo de exposición afectaran significativamente su detección. Este hallazgo demuestra la resistencia de los espermatozoides en medios textiles luego de exposición prolongada a detergentes, remarcando su relevancia en investigaciones forenses (16).

Durante el mismo año y en la misma ciudad, Arévalo analizo como el tiempo (0, 2, 7, 15 y 30 días) y el tipo de soporte textil (algodón, toalla de baño, toalla sanitaria, encaje, licra y papel higiénico) influían en la morfología de los espermatozoides y en la detección del antígeno prostático específico (PSA). Los resultados evidenciaron que el soporte de toalla de baño presentó el mayor porcentaje de espermatozoides preservados, mientras que el papel higiénico mostró una mayor alteración morfológica. Por otro lado, las muestras depositadas en licra y encaje evidenciaron una menor variación en la morfología espermática. A pesar de las diferencias entre soportes y del tiempo transcurrido, el PSA fue detectable en todos los casos, destacando su importancia como marcador forense (17).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Biología forense**

La biología forense integra fundamentos biológicos y criminalísticos para realizar la investigación de crímenes (18). En todo delito, es posible encontrar indicios biológicos que constituyen evidencia valiosa, los cuales pueden localizarse en el lugar del crimen, en áreas periféricas y en el cuerpo de la víctima o del agresor, incluso cuando el criminal intenta alterar o encubrir las evidencias. Este fenómeno cumple con el principio de intercambio de Edmond Locard, que establece que siempre hay un intercambio de rastros biológicos entre el sospechoso, la víctima y la escena del crimen (19).

A partir del análisis de diversos fluidos como sangre, semen, cabello, saliva, orina, sarro ungueal, fluido vaginal, sudor u otros fluidos biológicos, es posible reconstruir delitos tales como homicidios, abusos sexuales, accidentes y otros eventos de interés criminalístico (20,21). Para ello, la biología forense se apoya de distintas subdisciplinas, como la genética forense, la hematología forense, la espermatología forense, etcétera; las cuales permiten establecer un vínculo entre el propietario de la muestra y los eventos ocurridos (22,23).

Debido a la naturaleza y localización de las muestras biológicas, estas son susceptibles a alteraciones, por ende, su preservación es esencial. En este sentido, las instituciones encargadas de este tipo de investigación deben seguir un protocolo riguroso de cadena de custodia. Dicha cadena de custodia vela por la integridad e inalterabilidad de las evidencias desde su recolección en la escena del crimen, pasando por el transporte, almacenamiento y análisis en laboratorio, hasta su presentación ante los tribunales (18).

#### **2.2.1.1. Espermatología forense**

Entre los fluidos biológicos presentes en casos de violación sexual se encuentran la sangre, el cabello, el sarro ungueal y el semen, presentes tanto en la víctima como en el agresor. De todos ellos, el semen es el indicio de mayor relevancia (24), cuyo análisis se realiza empleando la espermatología forense (25). Los métodos utilizados detectan células espermáticas, enzimas y antígenos específicos del semen (24) y material genético (26).

### **2.2.1.2. Semen**

El semen fresco es un fluido alcalino y blanquecino, formado por el sistema reproductivo masculino y liberado durante la eyaculación. Presenta una consistencia espesa y un olor distintivo, similar al de la lejía (20), el cual se percibe con mayor intensidad durante la eyaculación (27). El volumen promedio de un eyaculado es de 3 mL, con un rango que oscila entre 1 a 6 mL dependiendo del tiempo de abstinencia sexual (28–30). Este fluido contiene espermatozoides, leucocitos, células epiteliales de la uretra y sustancias químicas que mantienen la viabilidad de los espermatozoides (31).

#### **A. Células espermáticas**

Las células espermáticas, o espermatozoides, son células sexuales producidas en los testículos mediante espermatogénesis y espermiogénesis. Al alcanzar la madurez adquieren la capacidad de fertilizar el óvulo. Morfológicamente tienen forma piriforme y son células móviles de aproximadamente 60  $\mu\text{m}$  de longitud (32). Están compuestas por una cabeza que contiene un núcleo haploide de ADN, un acrosoma y vacuolas nucleares; un cuello; una pieza intermedia con mitocondrias y una cola dividida en dos secciones: principal y terminal (ver Figura 01) (33–35).

Los espermatozoides constituyen entre el 2% y el 3% del total del semen (22). En individuos sanos, la concentración ronda entre 15 y 200 millones por mililitro de semen. No obstante, existen casos donde la concentración es menor (oligospermia), nula (azoospermia) o ausente debido a procedimientos como la vasectomía.

La supervivencia de los espermatozoides tras la eyaculación varía desde minutos hasta días, dependiendo de factores como la ubicación, el calor y la humedad ambiental. Cuando estas condiciones se alteran, los espermatozoides mueren, dejando únicamente restos celulares (36). Estos restos pueden persistir en el tiempo sobre prendas de vestir u otras superficies, a menos que se expongan a procesos de limpieza donde los productos químicos y la fricción contribuyan a su desintegración (37).

En el ámbito forense, los espermatozoides cumplen un rol fundamental, ya que su presencia permite evidenciar la comisión de delitos contra la libertad sexual y facilita la identificación del presunto agresor (38).

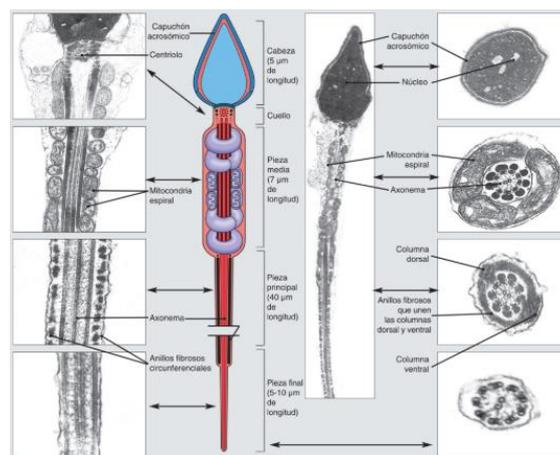


Figura 01. Diagrama de un espermatozoide humano, visualizado por microscopia electrónica de transición y dibujo esquemático que representa las partes de un espermatozoide (39).

## B. Plasma seminal

El plasma seminal es una mezcla de secreciones y se encarga de transportar, nutrir y proteger a los espermatozoides mientras transitan por las vías espermáticas y la vagina (34). Las glándulas que producen el líquido seminal son:

- a. La vesícula seminal: secreta fructosa, semenogelina, prostaglandinas, aminoácidos, fósforo, potasio, ácido fólico y hormonas; contribuyendo cerca del 40% al 60% del volumen seminal.
- b. La próstata: produce ácido cítrico, colesterol, fosfolípidos, carnitina, fosfatasa alcalina, calcio, zinc, magnesio, sodio, potasio, cloro, fibrolisina y fibrogenasas; equivalentes al 15% y 20% del plasma seminal.
- c. Las glándulas bulbouretrales o de Cowper: secretan moco y representan entre el 3% y el 6% del plasma seminal.
- d. Las glándulas de Littre: segregan una sustancia mucosa y oxitocina (22,29,40).

Es importante destacar que factores como la edad (41,42), la ubicación geográfica (43), la presencia de infecciones (44), así como el estilo de vida (nutrición, trabajo, deporte y consumo de sustancias) (45–47) tienen un impacto en la composición y calidad del semen (48,49).

Cuando no se observan espermatozoides, los componentes del plasma seminal adquieren relevancia como marcadores forenses, ya que son exclusivos del semen o se encuentran en concentraciones elevadas (50). Entre ellos destacan:

- a. La fosfatasa ácida (FA): es una enzima producida principalmente en la próstata, aunque también está presente en otros tejidos. Se encuentra en mayor concentración en el líquido seminal, con valores entre 0,3 y 1,0 miligramos por mililitro (40).
- b. La seminogelina: es la proteína más abundante en el semen, originada en la vesícula seminal, en conjunto con la fibronectina se encarga de coagular el semen y proteger a los espermatozoides antes de la fecundación (51,52). Constituyen entre el 20 % y

el 40 % del plasma seminal, con una concentración que varía entre 10 y 20 miligramos por mililitro (40).

- c. El antígeno prostático específico (PSA): es otra proteína producida en abundancia en la próstata y en pequeñas concentraciones en el páncreas y las glándulas salivales. En el semen tiene una concentración que varía entre 0,2 a 5,5 miligramos por mililitro, también se puede encontrar en sangre, orina, heces fecales con una concentración de 6,25 nanogramos por mililitro (53), y en secreciones producidas por mujeres la concentración va de 1-1000 picogramos por mililitro; en casos de cáncer de mama, ovario, pulmón, páncreas, colon, riñón e hígado, la concentración aumenta. El antígeno prostático específico (PSA) se encarga de la licuefacción del semen, descomponiendo la semenogelina y la fibronectina (24), transformando al semen de un estado gelatinoso a uno líquido, posibilitando la movilidad de los espermatozoides (40).

### **2.2.1.3. Manchas de semen**

Las manchas de fluidos corporales representan una evidencia crucial en la investigación criminal, ya que contribuyen con la identificación de los responsables, así mismo, permiten establecer la índole del delito. Estos fluidos pueden hallarse sobre una amplia variedad de superficies, tanto permeables como impermeables, lo cual influye directamente en su comportamiento y detección. En sustratos porosos, como el algodón o el papel, los fluidos tienden a absorberse, mientras que, en superficies no porosas, como el vidrio o el plástico, permanecen en la superficie. Esta diferencia afecta la eficacia de los métodos de detección durante su localización, ya que la penetración de la luz sobre ciertos materiales puede generar interferencias al momento de situar estas pruebas (54).

Otro factor que puede dificultar el análisis de las manchas es la presencia de contaminantes externos como microorganismos, arena, polvo y fluidos de distintos orígenes (animales o humanos, provenientes de una o varias personas). Asimismo, existen sustancias presentes en el ambiente que arrojan falsos positivos o simular la apariencia de manchas biológicas reales, requiriendo un mayor cuidado en su interpretación y el uso de métodos confirmatorios (54).

En casos de abuso sexual, es muy común hallar semen seco en distintas superficies, especialmente en soportes absorbentes como la ropa interior de la víctima y del agresor, sábanas, toallas, pañuelos, papel higiénico o alfombras (37). Cuando el semen se seca sobre la piel, forma una película brillante, y en materiales absorbentes como algodón o papel, pierde su olor característico y adquiere un color blanquecino o amarillento con bordes irregulares, generando un efecto de endurecimiento o almidonamiento. En cambio, en tejidos no absorbentes como lana, terciopelo o nylon, tiende a formar escamas brillantes o residuos membranosos semejantes a la huella de un caracol (55,56).

La naturaleza del textil también influye en la recuperación de espermatozoides, ya que la capacidad de absorción, la textura y el color del material influyen tanto en el proceso de identificación de manchas como en el análisis de restos seminales. Por ejemplo, la morfología de las fibras del algodón, caracterizada por la presencia de lumen y múltiples torsiones, les otorga una alta capacidad de absorción y retención de células. En contraste, las fibras sintéticas absorben y retienen este material biológico en menor proporción ya que su estructura es circular, recta y carente de irregularidades que favorezcan la retención (14).

#### **2.2.1.4. Métodos Forenses en el Análisis de Semen**

La identificación de semen en la investigación de agresiones sexuales requiere la recolección de evidencias y su posterior análisis. La recolección se hace tanto de los implicados como de la escena, y los análisis aplican técnicas químico-inmunológicas, microscópicas o moleculares, ya sea en pruebas preliminares o confirmatorias (24,57).

En el caso de la víctima y el sospechoso, utilizando hisopos, se toman muestras de diversas zonas anatómicas: cavidad vaginal (secreción vaginal), rectal, bucal, superficies corporales y genitales masculinos (hisopado balano-prepucial) (56). Es fundamental determinar si hubo eyaculación y si esta fue vaginal, anal o bucal (58), ya que el material seminal se descompone a diferente velocidad según la superficie. Por ejemplo, en la cavidad vaginal el semen puede persistir hasta 120 horas, en la zona anal hasta 65 horas, y en la zona bucal hasta 46 horas (28).

En la escena, la inspección comienza con el uso de lámparas de luz alterna para buscar y localizar manchas de origen biológico. Cuando las manchas se encuentran en superficies inamovibles o de difícil traslado, se realiza una elución (frotis suave con hisopos humedecidos en solución salina) o se recorta el área que contiene la mancha. De lo contrario, se recolectan los objetos contaminados y se trasladan al laboratorio, tales como prendas de vestir, sábanas, toallas higiénicas, tampones, papel higiénico, entre otros (58,59). Comúnmente, se examina la ropa interior de la víctima, ya que el semen suele depositarse en ella, producto de la eyaculación externa o del drenaje desde la cavidad vaginal o anal (19).

En los casos en que se formula una denuncia por violación, es común que el agraviado o sus familiares procedan a la recolección de las prendas de vestir utilizadas durante el hecho, especialmente aquellas que pudieran contener semen (8). Es importante mencionar que, en soportes inertes y secos, las manchas de semen pueden quedar adheridas durante meses, lo que facilita su análisis en el laboratorio (22,40,60). En casos donde la prenda haya sido manipulada antes de su entrega, aún es de valor y debe ser analizada (61).

### **A. Pruebas presuntivas**

Las pruebas presuntivas u orientativas son análisis preliminares de alta sensibilidad que ayudan a localizar manchas. Se caracterizan por ser rápidas, económicas, simples, seguras y fáciles de interpretar. No requieren grandes cantidades de muestra ni dañan el ADN. Sin embargo, estas pruebas solo indican la posible presencia de un fluido, por lo que no sustituyen la necesidad de una prueba confirmatoria (20,62).

Una de las principales herramientas empleadas en la localización de manchas de semen son las fuentes de luz alterna, especialmente la luz ultravioleta (UV). El semen tiene la capacidad de emitir fluorescencia al absorber ondas de luz entre 300 y 400 nm, facilitando su localización en materiales de algodón, poliéster, nailon, lana y látex. Sin embargo, la ausencia de fluorescencia no descarta su presencia, y no toda fluorescencia indica necesariamente semen, ya que la orina o algunos detergentes pueden generar falsos positivos. Además, la efectividad de la detección varía según el color del material, siendo más eficiente en fondos blancos. El uso de gafas de colores (naranja, amarillo o rojo) junto con la luz UV permite una mejor identificación de la fluorescencia. Entre las luces forenses más destacadas se encuentran Polilight, Bluemax BM500, Mineralight, Luxeon

mini crime scope y Big Beam (20). En caso de no observar patrones de manchas se recurre a la prueba presuntiva de fosfatasa ácida (63).

La fosfatasa ácida, una enzima del semen empleada como marcador forense, puede analizarse de dos formas: mediante pruebas colorimétricas, que permiten su detección a través de reacciones que generan cambios de color, o mediante métodos cuantitativos basados en análisis enzimáticos que determinan su concentración en la muestra. En el primer caso, la enzima hidroliza sustratos como el timolftaleína monofosfato,  $\alpha$ -naftil fosfato, timolftaleína, 4-nitrofenil fosfato o fenil fosfato, generando una coloración morada (64). En el segundo caso, la cuantificación de la fosfatasa ácida permite estimar el tiempo transcurrido desde el coito; sin embargo, después de las 48 horas, su concentración disminuye significativamente (52,65). La sensibilidad de la prueba es aproximadamente del 67 %, pero a partir de las 14 horas postcoito su concentración disminuye progresivamente, reduciendo también la sensibilidad del método (66).

## **B. Pruebas confirmatorias**

Las pruebas confirmatorias o de certeza permiten identificar de manera específica el fluido corporal analizado (62). Son altamente sensibles, complejas y costosas (20). Para confirmar que una mancha es de semen, se deben observar espermatozoides por microscopía (67) o detectar componentes específicos del semen mediante ensayos inmunocromatográficos. Además, estas pruebas permiten la obtención de evidencia para la identificación del sospechoso a través del análisis de ADN (52).

### **a. Microscopía y tinciones**

La observación de espermatozoides mediante microscopía, utilizando uno o más colorantes, es considerada el "gold standard" en la confirmación de semen. Se trata de un análisis morfológico: el resultado se considera positivo si se observa al menos un espermatozoide, negativo si no se observa ninguno, y potencialmente positivo si se identifican células con características similares a las de los espermatozoides. Existen diferentes técnicas de tinción utilizadas para este fin (ver Tabla 01) (20).

Tabla 01. Coloraciones utilizadas en microscopia para la observación de espermatozoides

<b>Tinción</b>	<b>Colorantes</b>	<b>Como se visualiza el espermatozoide.</b>	<b>Características adicionales</b>
<b>Christmas Tree o Árbol de Navidad (14)</b>	- Kernechtrol o rojo rápido nuclear - Pícrico índigo carmín	Núcleo: rojo o rojo-purpura Acrosoma: rosado tenue Región media y cola: verde o azul verdoso	Permite diferenciar la morfología del espermatozoide Es principalmente de uso forense Las células epiteliales se ven de color rosado/rojo (20,52) Costosa.
<b>Hematoxilina-Eosina (14,68)</b>	- Hematoxilina - Eosina	Núcleos: morado o azul Acrosoma: rosa	Uso forense e histopatológico
<b>Tinción Diff Quick (20,69,70)</b>	- Metanol - Eosina - Tiazina (Azul de Metileno y Azure A)	Cabeza del esperma azul claro o violeta El acrosoma azul pálido La cola y pieza intermedia azul o rojizo	Uso histopatológico, citológico y forense.
<b>Eosina o Williams Pollack (52)</b>		Todo: rojo-rosado	Usado para Espermatograma
<b>Papanicolaou modificada (69)</b>	- Hematoxilina - Orange G - Eosina - Xilol	Todo naranja	Da alto contraste a los espermatozoides. Usado para diagnóstico citológico y en clínicas de andrología

<b>Wright (71)</b>	- Metanol en diferentes concentraciones - Tinción y buffer de Wright	Todo: Violeta Hay un halo rosa en el acrosoma	Verde	Usado para diferenciar células sanguíneas Resalta la estructura celular de los espermatozoides
<b>Fluorescencia (20,72).</b>	isotiocianato de fluoresceína verde	Todo: fluorescente		Novedosa Detecta espermatozoides en muestras con altas cantidades de células vaginales
<b>Cristal violeta</b>	Cristal violeta	Morados, degrade	en	Sencilla Económica Usada en laboratorios de criminalística (8).

Entre los principales factores que pueden provocar errores en esta técnica se encuentran el intervalo de tiempo transcurrido desde la eyaculación, la cantidad de espermatozoides en la muestra y la capacidad de observación del investigador. Asimismo, es posible obtener resultados falsamente negativos en individuos con azoospermia, ya sea por causas naturales o debido a una vasectomía (20).

## **b. Pruebas inmunocromatográficas**

Las pruebas inmunocromatográficas utilizan anticuerpos y antígenos para detectar componentes del semen. Los kits de cromatografía de flujo lateral disponibles en el mercado se centran principalmente en la identificación de dos proteínas: el antígeno prostático específico (PSA o P-30) y la seminogelina (24).

El PSA presenta una alta sensibilidad del 99,4%; sin embargo, esta disminuye con el paso del tiempo. Algunos de los kits comerciales existentes son ECOTEST, CTK-BIOTECH, MONTEST y IDENTI-PSA de Bluestar. Por otro lado, la seminogelina destaca por su

sensibilidad y especificidad del 100%, permitiendo resultados positivos incluso hasta 72 horas después del evento. Para su detección se emplea el kit comercial RSID-Semen (52,66).

#### **2.2.1.5. Factores externos que pueden alterar la muestra de semen**

En la escena del crimen, las muestras de origen biológico, como el semen, pueden presentarse en condiciones que dificultan su detección y análisis, estas pueden estar mezcladas con otros fluidos corporales, en cantidades limitadas, contaminadas o depositadas sobre distintos tipos de soportes, complicado su recuperación y estudio (56).

Los factores ambientales, como la humedad, la radiación solar, la temperatura y el paso del tiempo influyen negativamente la conservación y estabilidad de los componentes seminales (56). Particularmente, en prendas lavadas, aún puede ser posible detectar espermatozoides. Durante el análisis microscópico, estos pueden aparecer de forma aislada, lo que exige una interpretación cautelosa. Este hallazgo puede generar dudas sobre la cronología del suceso y el estado previo de la prenda, por lo que es fundamental considerar estos factores en el contexto de la investigación forense (26).

### **2.2.2. Soportes textiles**

#### **2.2.2.1. Fibra textil**

Una fibra textil es una estructura sólida, larga y delgada, de forma cilíndrica y apariencia homogénea. Se caracteriza por su elasticidad, flexibilidad, reducido grosor y una alta

relación entre longitud y espesor (66). Estas propiedades la convierten en una materia prima ideal para la elaboración de telas, que pueden producirse mediante técnicas como el trenzado, el tejido o el fieltro (26).

### 2.2.2.1.1. Clasificación

Según su origen, las fibras se clasifican en naturales y químicas (26):

**A. Fibras naturales:** provienen de plantas, animales o minerales.

- a) De origen vegetal: derivan de la semilla, el tallo o la hoja de la planta.
- b) De origen animal: provienen del pelaje (lana en ovejas y pelos en otros animales) o de las secreciones de insectos y arácnidos (como la seda de los gusanos).
- c) De origen mineral: la única fibra reconocida es el amianto.

**B. Fibras químicas o *Man-Made Fibers* (MMF):** son esencialmente polímeros, y pueden ser:

- a) Orgánicas:
  - i. Fibras artificiales: polímeros naturales modificados químicamente.
  - ii. Fibras sintéticas: polímeros obtenidos por síntesis química.
- b) Inorgánicas: elaboradas a base de carbono, silicio o boro.

Tabla 02. Clasificación de Fibras Textiles por Origen, Características y tipos de Tela (26).

Origen	Características	Telas
<b>Animal</b>	Generalmente proteicas. Componente principal: albúmina Al quemarse desprenden olor a cuerno quemado y deja cenizas oscuras	Lana: Merino, Corriedale, Lincoln, Romey Marsh. Pelos: cashmere, pashmina y mohair (Cabra), guanaco, alpaca, llama, vicuña, angora (conejo). Seda: <i>seda natural</i> : seda china, seda europea y sericultura ( <i>Bombix mori</i> ) y

			Tussah ( <i>B. myliata</i> , <i>B. pernyi</i> y <i>B. yamamay</i> )
<b>Vegetal</b>	Generalmente celulósica. Componente principal: albúmina Al quemarse despiden olor a papel quemado y deja cenizas blanquecinas.		Fruto: Algodón, Coco, Kapoc. Tallo: Lino, Yute, Cáhano, Ramio. Hoja: Henequén o Sisal, Formio, Abacá, esparto, Raíz: Agave Tequilana.
<b>Minerales</b>	Inorgánicas		Amianto, Asbesto, fibra de vidrio, fibra cerámica
<b>Artificial</b>	Utilizan componentes naturales		Proteicas: Caseína, Lanital. Alginato y fibroína Celulósicas: Rayón Viscosa y Tencel, Rayón acetato, Rayón Cuproamonio, Rayón Nitrocelulosa, Rayón Triacetato. Minerales: Fibra de vidrio, Hilo metálico Celulosa regenerada: rayón, cuproamoniaco, fibrana, Modal. Éster de celulosa: acetato y triacetato
<b>Sintéticas</b>	Utilizan componentes químicos		Monocomponentes: Poliamida (Nylon, perlón, Aramidas.), Fibras Poliéster, Poliacrílico, Fibras Modacrílicas, Fibras Olefínicas, Fibras Spandex, Fibras Aramidas. Polisopreno (Elastodieno), Poliuretano (elastano) Bicomponentes: Fibras Poliéster, Fibras Acrílicas, Fibras Olefínicas, Fibras Poliamídica. Microfibras: Fibras Poliamídicas, Fibras Poliéster, Fibras Acrílicas.
<b>Inorgánicas</b>			Asbesto, fibra de vidrio, hilos metálicos.
<b>Orgánicas</b>			Celulósicas: Algodón, Lino, Viscosa. Proteicas: Lana, Seda, Rayón. Parafínicas: nylon, poliéster, polipropileno

### 2.2.3. Agentes Químicos de Lavado

Los productos de limpieza se componen de sustancias químicas cuya eficacia está estrechamente vinculada a su potencial de hidrógeno (pH), el cual influye directamente en el tipo de suciedad que pueden eliminar. Suelen aplicarse diluidos en agua, y su capacidad para limpiar se debe principalmente a la presencia de agentes tensoactivos, que

permiten reducir la tensión superficial del agua, facilitando su dispersión sobre las superficies (73).

Si los clasificamos acorde a la escala de pH, encontramos que aquellos productos de pH neutro (pH =7), como los detergentes convencionales, están formulados para una limpieza general. Por otro lado, los productos ácidos (pH menor a 7) se emplean para remover incrustaciones, mientras que los alcalinos o básicos (pH mayor a 7) son más eficaces para eliminar grasas y residuos difíciles. Estos productos están formulados con distintos tipos de tensoactivos (aniónicos, catiónicos, no iónicos, entre otros), los cuales tienen la capacidad de atraer los compuestos presentes en la mancha y facilitar su disolución en el agua, eliminando así las manchas. Es importante señalar que la lejía, es un desinfectante, este no posee tensoactivos, por tanto, su capacidad para eliminar suciedad es limitada (73).

### **2.2.3.1. Productos químicos y células espermáticas**

Diversos agentes químicos empleados en tareas de higiene, como los detergentes y desinfectantes, afectan directamente la viabilidad de los espermatozoides al alterar la estabilidad de su membrana celular. Estos compuestos pueden descomponer la bicapa lipídica, comprometiendo su integridad, o bien inducir alteraciones osmóticas que modifican el equilibrio hídrico interno de la célula, lo que puede conducir a procesos de muerte celular programada. Por otra parte, las acciones mecánicas involucradas en el lavado (como el frotamiento, retorcimiento y enjuague tanto de tejidos como del cuerpo) ejercen presión física sobre las células espermáticas, contribuyendo activamente a su

degradación. Estas combinaciones de factores químicos y físicos representan un desafío importante en la conservación y posterior detección forense del material biológico (37).

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

#### **3. 1. Nivel de investigación**

Básica.

#### **3. 2. Tipo y diseño de investigación**

Tipo Explicativa.

Diseño Experimental de medición repetida (por triplicado) y de grupos independientes.

#### **3. 3. Soportes textiles: selección y preparación**

Se seleccionaron tres tipos de soportes textiles de color fucsia, rojo y rosa, de acuerdo con la naturaleza de sus fibras: vegetal (algodón), animal (puyo) y sintética (polar). Estos materiales fueron adquiridos en el Mercado Central de Cajamarca.

Cada textil se recortó en cuadrados de 20 cm × 20 cm para garantizar la uniformidad de las muestras. En el centro de cada cuadrado, se delimitó un área de 3 cm × 3 cm con pintura textil blanca, con el propósito de identificar de manera precisa la zona de aplicación de las muestras. Adicionalmente, en una de las esquinas de cada tela se rotuló

con pintura para tela “Acrilex” blanca la condición de lavado correspondiente, lo que permitió un registro detallado de los tratamientos aplicados a cada tejido.

Para fijar la pintura textil y prevenir su desprendimiento durante el lavado, se aplicó calor con una plancha a una temperatura adecuada. Posteriormente, las telas fueron cuidadosamente dobladas y almacenadas en bolsas plásticas de primer uso para evitar cualquier contaminación externa antes del procedimiento de lavado. Este protocolo de preparación aseguró que cada muestra estuviera correctamente identificada y conservada para su posterior análisis.

### **3. 4. Material biológico**

En la presente investigación, se recolectaron muestras de semen de pacientes atendidos en el Laboratorio de Análisis Clínicos LLONTOP S.R.L. de Cajamarca durante el año 2024, quienes acudieron para la realización de un espermograma o espermocultivo. Los pacientes cumplieron con un período mínimo de tres días de abstinencia sexual, con el objetivo de asegurar una calidad y concentración óptima de los espermatozoides. Las muestras fueron obtenidas mediante masturbación, sin el uso de lubricantes, para evitar interferencias en la calidad de las muestras. La recolección se realizó en frascos estériles para orina, garantizando condiciones adecuadas para su manejo y transporte.

El recuento espermático de las muestras osciló entre 20 y 150 millones de espermatozoides por mililitro, dentro del rango considerado normal según los estándares establecidos para la calidad seminal. Asimismo, la morfología y motilidad espermática se encontraron dentro de los parámetros normales, sin evidencias de anormalidades que sugirieran infecciones o alteraciones.

Las cerca de 120 muestras recolectadas cumplieron con condiciones de obtención y criterios de calidad que aseguraron su aptitud para los análisis, lo que permitió obtener resultados confiables.

### **3. 5. Transporte de muestras**

Las muestras de semen previamente analizadas, fueron transportadas cuidadosamente en bolsas de papel, las cuales ofrecían protección contra la luz solar directa, garantizando que las condiciones de las muestras no se vieran alteradas durante su traslado. El transporte se realizó entre las 6 y 7 p.m., aprovechando la menor intensidad de luz durante ese periodo y se efectuó desde el lugar de recolección hasta el Laboratorio de Biología de la Oficina de Criminalística de la PNP de Cajamarca. A su llegada, se procedió de inmediato a la impregnación de las muestras, minimizando el tiempo de espera para evitar modificaciones en sus propiedades originales.

### **3. 6. Impregnación en soportes textiles**

Para la impregnación de las muestras, se utilizaron pipetas Pasteur descartables y graduadas garantizando la manipulación precisa del material biológico. Dado que la mayoría de las muestras eran de 1 mL, las muestras de semen fueron mezcladas cuidadosamente para asegurar su homogeneidad, obteniendo un volumen mínimo de 3 mL. A continuación, los 3 mL de semen fueron depositados en el centro del cuadrado previamente marcado en la tela, utilizando la pipeta para distribuir el fluido de manera uniforme sobre la superficie textil (ver Figura 02). Se prestó especial atención para garantizar que la muestra se aplicara exclusivamente en el área designada (13).



Figura 02. Soporte textil de puyo roja impregnado con semen, delimitado con pintura textil blanca 'Acrilex'

Tras la aplicación, las telas fueron dejadas en reposo durante un mínimo de 24 horas a temperatura ambiente, en un entorno libre de contaminantes y sin exposición directa a la luz solar. Este proceso de secado fue fundamental para asegurar la fijación adecuada de la muestra, permitiendo su conservación en condiciones óptimas para el análisis posterior.

### **3. 7. Procesos de lavado**

El proceso de lavado se llevó a cabo bajo siete condiciones diferentes: agua, agua con jabón en barra 'Zote' (15 g/L), agua con detergente en polvo 'Opal' (15 g/L), agua con lejía 'Clorox' (15 mL/L), agua con ceniza (15 mL/L), agua con bicarbonato de sodio 'Alkofarma' (15 g/L) y vinagre 'Sibarita' (60 mL/L). La preparación de la solución de ceniza requirió un paso previo: se mezclaron 2 tazas de ceniza con 6 tazas de agua caliente en un balde de plástico y se dejó reposar durante una semana para permitir la disolución adecuada de sus componentes. Transcurrido este tiempo, se realizó la decantación del sobrenadante mediante un colador fino y algodón, eliminando impurezas para obtener un líquido claro, el cual se almacenó en un envase de plástico para su posterior uso. Por otro lado, el jabón en barra fue rallado finamente utilizando un rallador de cocina para facilitar

su disolución y posteriormente almacenado en un táper de plástico hermético, asegurando que permaneciera seco y libre de contaminantes hasta su utilización.

Una vez que la muestra de semen se secó completamente sobre la tela, se realizó un primer recorte de 1 cm de diámetro, el cual se utilizó como control antes del lavado. Cada lavado se realizó de forma manual siguiendo las condiciones preestablecidas. En primer lugar, se midieron con precisión los productos químicos y el agua empleando una probeta y una balanza medidora. Luego, se preparó la solución de lavado disolviendo el agente químico en el agua según la concentración establecida y se sumergió la tela en la solución durante 25 minutos para permitir la interacción entre el agente químico y las fibras del textil. Posteriormente, la tela fue frotada contra sí misma durante 5 minutos, manteniendo un movimiento constante. Finalizado este proceso, se realizó un enjuague exhaustivo con agua limpia para eliminar cualquier residuo del agente de lavado y se exprimió antes de poner a secar. Finalmente, la tela fue dejada secar durante 24 horas a temperatura ambiente, evitando la exposición directa a la luz solar. Este procedimiento se repitió cuatro veces y, antes de cada nuevo lavado, se recortó un nuevo fragmento de tela de la parte previamente delimitada, que había sido impregnada con semen, para su posterior análisis.

Cada fragmento de tela fue cuidadosamente colocado en sobres de papel rotulados, indicando el tipo de lavado realizado, el soporte textil utilizado y el número de lavado. Este sistema de registro permitió un adecuado seguimiento y facilitó la posterior identificación y análisis de las muestras(15).

### **3. 8. Análisis microscópico de células espermáticas**

Con base en los datos registrados en los sobres de papel, se procedió al rotulado de los tubos de ensayo, asegurando una adecuada identificación de cada muestra. A continuación, se agregaron 2 mL de agua destilada a cada tubo de ensayo, utilizando una cantidad precisa para garantizar la disolución adecuada de los componentes. Con la ayuda de un bajalenguas, se retiraron cuidadosamente los fragmentos de tela de los sobres y se introdujeron dentro de los tubos de ensayo, donde se dejó reposar durante un período de 30 minutos para asegurar que los residuos de la muestra se disolvieran correctamente en el agua.

Transcurrido el tiempo de reposo, los fragmentos de tela y cualquier material residual fueron retirados con el mismo bajalenguas, ejerciendo presión contra las paredes del tubo para recuperar la mayor cantidad de muestra posible. Posteriormente, los tubos fueron sometidos a centrifugación a 2500 rpm durante 5 minutos. Al concluir este proceso, se eliminó cuidadosamente el sobrenadante y se conservó únicamente el precipitado, que fue extendido de forma uniforme sobre una lámina portaobjetos utilizando el tubo de ensayo.

La lámina portaobjetos con el precipitado se dejó secar a temperatura ambiente durante un período de 24 h para garantizar que el material adherido quedara firme. Una vez seco el frotis, se cubrió por completo con la solución de Cristal Violeta al 50% y se dejó actuar durante 1 minuto, asegurando una tinción uniforme de las células espermáticas. Posteriormente, la lámina se lavó con abundante agua destilada para eliminar el exceso

de colorante, dejando únicamente las células teñidas. La lámina se dejó secar nuevamente a temperatura ambiente antes de proceder con la observación microscópica.

Finalmente, una vez seca la muestra fresca, se procedió a su tinción y posterior análisis mediante microscopía óptica con un objetivo de 100X y aceite de inmersión, lo que permitió observar en detalle las células espermáticas. El análisis se realizó mediante la evaluación de 40 campos por lámina, contabilizando tanto células espermáticas completas (cabeza y cola) como incompletas (solo cabeza) (Figura 03).

### **3. 9. Determinación de la persistencia de células espermáticas**

La persistencia de células espermáticas se determinó mediante la observación microscópica. Se consideró presencia de persistencia cuando se identificó al menos una célula espermática (completa o incompleta) en los 40 campos evaluados. Por el contrario, se consideró ausencia de persistencia cuando no se observó ninguna célula espermática en dichos campos.

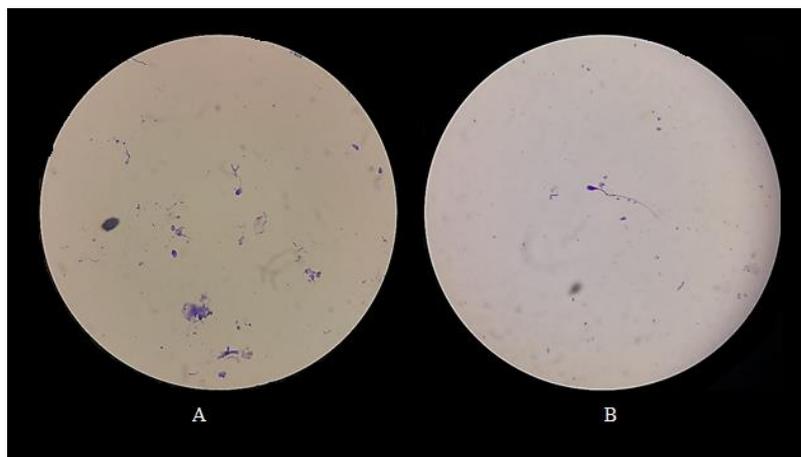


Figura 03. Observación microscópica de células espermáticas.  
A. Incompleta B. Completa

### **3. 10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de datos se llevó a cabo mediante el uso de fichas de registro, en las que se documentaron detalladamente los resultados obtenidos durante la observación microscópica. La información consignada en la ficha incluyó el recuento de células espermáticas en cada campo visualizado, así como detalles sobre las condiciones de lavado y los tipos de soportes textiles utilizados (Apéndice 01).

### **3. 11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para garantizar la consistencia y fiabilidad de los resultados, cada análisis se realizó por triplicado. Los datos recopilados en las fichas fueron ingresados a una base de datos en Microsoft Excel 2018 y posteriormente procesados utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 25. Se elaboraron tablas y gráficos descriptivos para analizar la distribución de los recuentos totales en función de la cantidad de lavados, el tipo de soporte textil y los agentes utilizados.

Previo al análisis inferencial, se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Dado que los datos no siguieron una distribución normal, se optó por utilizar la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para comparar las medianas entre los distintos grupos experimentales y determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ). Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5 %.

## CAPÍTULO IV

### 4.1. Resultados

Se analizaron tres tipos de soporte textil: algodón, puyo y polar, los cuales fueron impregnados con fluido seminal y sometidos a un lavado manual en cuatro ocasiones consecutivas. Para ello, se emplearon de manera individual distintos agentes de lavado: detergente, jabón, lejía, ceniza y una mezcla de vinagre con bicarbonato.

En total, se evaluaron 54 muestras de soportes textiles impregnados con semen, distribuidas en tres grupos según el tipo de textil. Cada agente de lavado fue aplicado a tres muestras por triplicado. De cada muestra, se obtuvieron cinco láminas: una inicial como control y cuatro correspondientes a cada lavado consecutivo (1, 2, 3 y 4), lo que resultó en un total de 270 láminas procesadas.

La tabla 03 presenta los resultados del recuento de espermatozoides en tres soportes textiles (puyo, polar y algodón) tratados con diferentes agentes después de cada lavado manual. No se observaron diferencias significativas entre puyo y polar (valor  $p = 0,646$ ). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre algodón y puyo (valor  $p < 0,001$ ), así como entre algodón y polar (valor  $p < 0,001$ ).

Tabla 03: Principales medidas descriptivas de los recuentos de células espermáticas según tipo de soporte textil tras cuatro lavados a mano con diferentes agentes.

Tipo de soporte textil	Control	Mediana	Rango intercuartílico	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Algodón<sup>a</sup></b>	2413	39	52	0	214
<b>Puyo<sup>b</sup></b>	4789	4	22	0	62
<b>Polar<sup>b</sup></b>	6707	9	21	0	121

Grupos con letras diferentes presentan diferencias significativas; prueba de Kruskal -Wallis ( $p < 0,05$ ).

La Figura 04 muestra la persistencia de células espermáticas en tres tipos de soporte textil (algodón, puyo y polar) después de cuatro lavados manuales con diferentes agentes. Se observa que el algodón presenta la mayor persistencia de células espermáticas. En los soportes de puyo y polar, aunque la persistencia sigue siendo alta, se registra una mayor proporción de resultados negativos en comparación con el algodón.

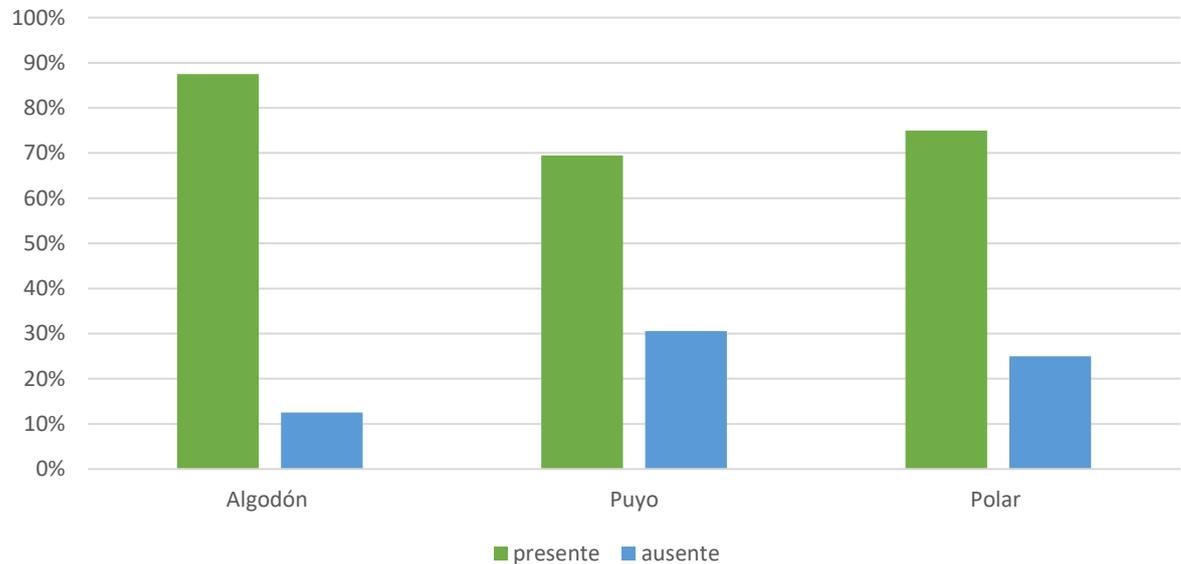


Figura 04. Persistencia de células espermáticas según tipo de soporte textil tras cuatro lavados a mano con diferentes agentes.

La Tabla 4 presenta los resultados del recuento de espermatozoides después de cada lavado manual en distintos soportes textiles tratados con diferentes agentes. Se observó que la cantidad de espermatozoides en los lavados 1 y 2 fue significativamente mayor en comparación con los lavados posteriores, lo que indica una reducción progresiva en la cantidad de espermatozoides a medida que aumenta el número de lavados.

Tabla 04. Principales medidas descriptivas de los recuentos de células espermáticas según número de lavados en diferentes soportes textiles tratados con diferentes agentes.

<b>N° lavados</b>	<b>Control</b>	<b>Mediana</b>	<b>Rango Intercuartílico</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Lavado 1<sup>a</sup></b>	4355	43	57	3	214
<b>Lavado 2<sup>b</sup></b>	4355	19	38	0	123
<b>Lavado 3<sup>c</sup></b>	4355	4	17	0	49
<b>Lavado 4<sup>c</sup></b>	4355	0	5	0	40

Grupos con letras diferentes presentan diferencias significativas; prueba de Kruskal -Wallis ( $p < 0,05$ ).

Las Figuras 5 y 6 muestran la persistencia de células espermáticas en función del número de lavados manuales aplicados a distintos soportes textiles tratados con diversos agentes. Se observa que, aunque la persistencia es alta en los primeros lavados, esta disminuye progresivamente a medida que aumenta el número de lavados.

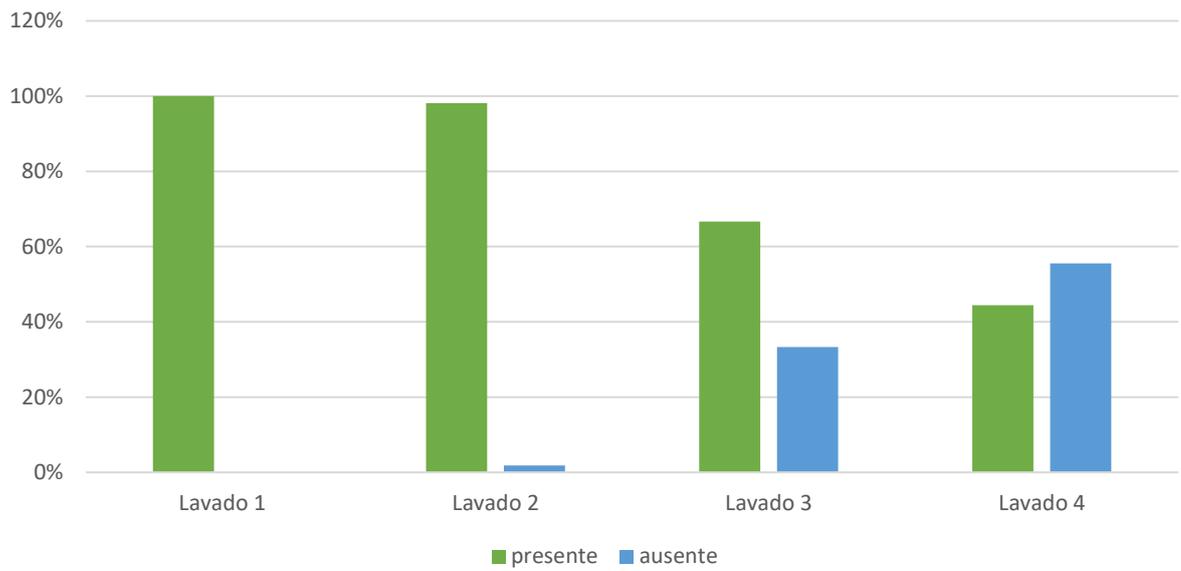


Figura 05. Persistencia de células espermáticas según número de lavados en diferentes soportes textiles tratados con diferentes agentes.

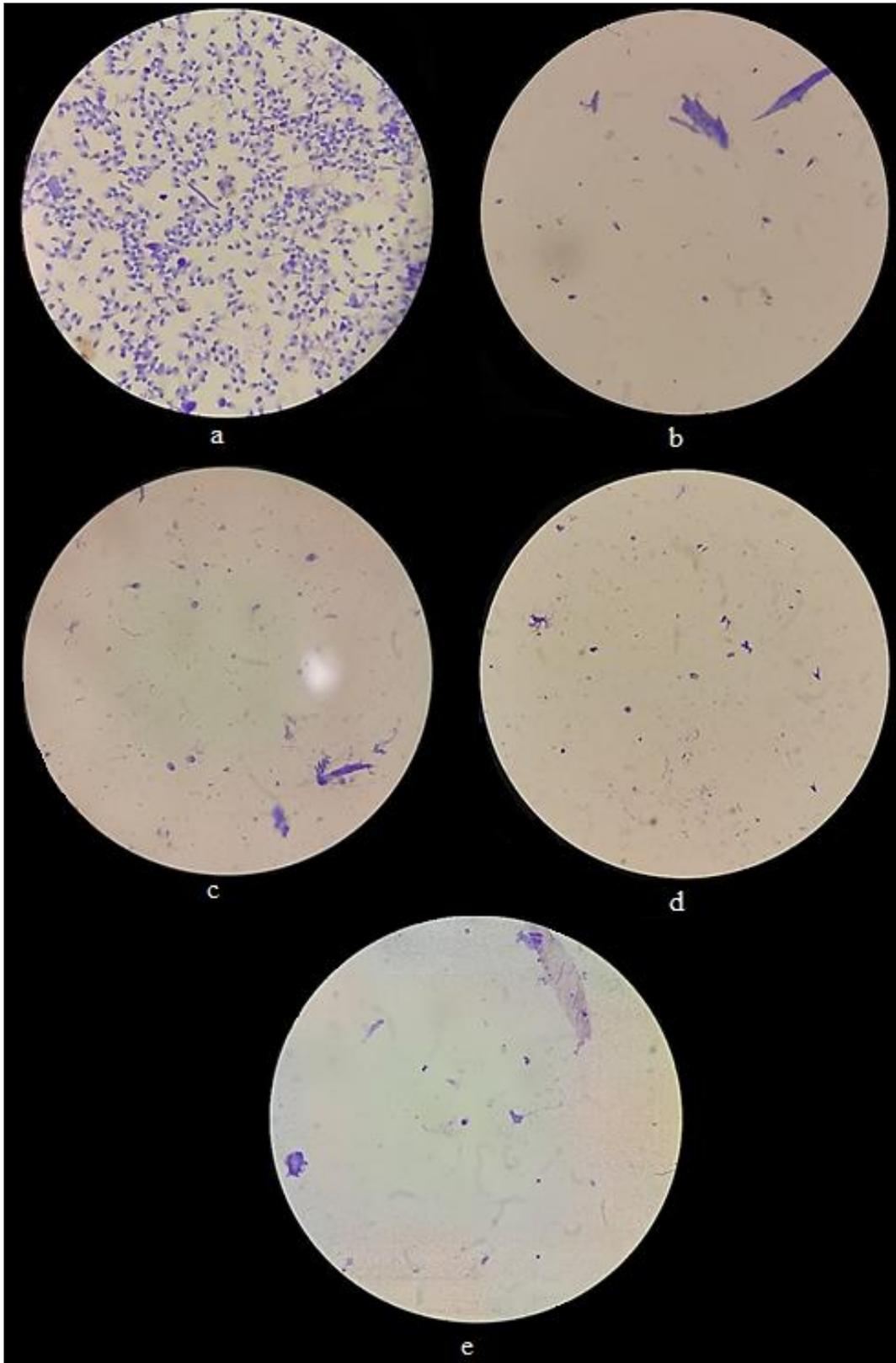


Figura 06. Observación microscópica de las células espermáticas en función a la cantidad de lavados.

a. control b. lavado 1 c. lavado 2 d. lavado 3 e. lavado 4

La Tabla 05 presenta los resultados del recuento de espermatozoides según agente de lavado. Se observaron diferencias entre el jabón y el agua ( $p = 0,011$ ), el jabón y la ceniza ( $p = 0,006$ ), así como entre el jabón y el vinagre ( $p < 0,001$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los demás agentes evaluados, incluyendo lejía, detergente, agua, ceniza y vinagre, cuyos valores  $p$  fueron mayores a 0,05.

Tabla 05. Principales medidas descriptivas de los recuentos de células espermáticas según agente de lavado en distintos tipos de soporte textil tras cuatro lavados.

<b>Agente de lavado</b>	<b>Control</b>	<b>Mediana</b>	<b>Rango intercuartílico</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Agua<sup>a</sup></b>	3021	15	42	0	214
<b>Detergente<sup>ab</sup></b>	2745	11	39	0	155
<b>Lejía<sup>ab</sup></b>	4633	14	40	0	78
<b>Jabón<sup>b</sup></b>	4806	2	12	0	50
<b>Ceniza<sup>a</sup></b>	5252	15	45	0	148
<b>Vinagre<sup>a</sup></b>	2575	22	40	0	132

Grupos con letras diferentes presentan diferencias significativas; prueba de Kruskal -Wallis ( $p < 0,05$ ).

La Figura 07 muestra la persistencia de células espermáticas en distintos soportes textiles después de ser sometidos a cuatro lavados manuales con diferentes agentes. Se observa que el jabón es el agente que reduce más la persistencia de células espermáticas, ya que presenta un mayor número de resultados negativos en comparación con los demás agentes.

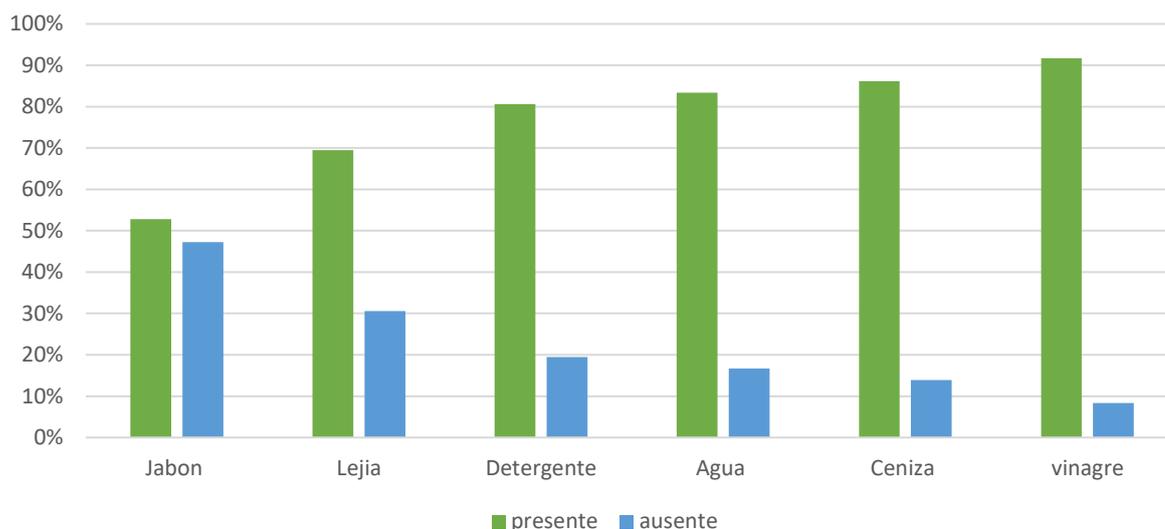


Figura 07. Persistencia de células espermáticas según el agente de lavado en distintos tipos de soporte textil tras cuatro lavados.

La Tabla 6 presenta los recuentos de espermatozoides en tres tipos de soporte textil (algodón, puyo y polar) después de ser sometidos a seis agentes de lavado (agua, detergente, lejía, jabón, ceniza y vinagre). El recuento de espermatozoides en algodón mostró una diferencia significativa según el agente de lavado empleado ( $p = 0,016$ ). En contraste, en puyo y polar no se observaron diferencias significativas entre los agentes de lavado utilizados ( $p > 0,05$ ).

Tabla 06. Recuento del número de células espermáticas en soportes textiles según agente de lavado

Soporte textil	Agente de lavado						p-valor*
	Agua	Detergente	Lejía	Jabón	Ceniza	Vinagre	
<b>Algodón</b>	51 (40)	47 (41)	19 (42)	4 (15)	46 (87)	41 (57)	< 0,001
<b>Puyo</b>	5 (16)	4 (5)	11 (35)	1(9)	1 (27)	11 (43)	0,127
<b>Polar</b>	11 (18)	14 (41)	19 (1)	4(15)	9(28)	14 (35)	0,188

Mediana (Rango intercuartílico). \* Prueba de Kruskal Wallis

La Tabla 7 presenta los recuentos de espermatozoides en tres tipos de soporte textil (algodón, puyo y polar) tras ser sometidos a cuatro lavados, comparándolos con un grupo

de control. Se observa una disminución progresiva en la cantidad de espermatozoides a medida que aumenta el número de lavados. Los valores  $p < 0,001$  indican que las diferencias entre los lavados son estadísticamente significativas para los tres soportes, lo que sugiere que el proceso de lavado manual influye en la reducción de la persistencia de células espermáticas. Sin embargo, la persistencia es mayor en el algodón en comparación con el puyo y el polar, lo que podría indicar una mayor retención de células espermáticas en este material.

Tabla 07. Recuento del número de células espermáticas en soportes textiles según número de lavados

Tipo de soporte textil	Número de lavados					p-valor*
	Control	Lavado 1	Lavado 2	Lavado 3	Lavado 4	
Algodón	2907	81 (82)	47(42)	32(33)	7(25)	< 0,001
Puyo	3894	29 (33)	9 (26)	1 (5)	0 (1)	< 0,001
Polar	4275	43 (36)	15 (14)	2 (8)	0 (4)	< 0,001

Mediana (Rango intercuartílico). \* Prueba de Kruskall Wallis.

## 4.2. Discusión

Durante la investigación de delitos sexuales, la observación de espermatozoides mediante microscopía permite determinar con certeza la naturaleza biológica de una mancha. En este contexto, la persistencia de células espermáticas en textiles representa una prueba crucial en la reconstrucción de los hechos. Sin embargo, la integridad de este tipo de evidencias puede verse comprometida por factores externos, como el lavado de prendas, lo que exige una intervención analítica rápida, precisa y oportuna para garantizar su adecuada detección.

En el contexto peruano, los laboratorios forenses siguen determinados protocolos para el resguardo de la evidencia; sin embargo, existen casos en los que esta ha sido alterada mediante procesos de lavado, o bien se ha contaminado con microorganismos producto de un almacenamiento inadecuado. Debido a la naturaleza sensible de las evidencias biológicas, estas tienden a degradarse con facilidad, por lo que requieren un análisis oportuno. No obstante, la organización actual de estas instituciones presenta importantes limitaciones operativas, ya que los análisis más complejos, como el genético forense, se realizan en Lima. En consecuencia, las muestras deben ser trasladadas desde provincias o zonas alejadas, incrementando el riesgo de deterioro durante el transporte. A ello se suma la sobrecarga laboral del personal especializado (el cual, en muchos casos, es limitado o incluso inexistente), así como el traslado interno de profesionales a distintas áreas, quienes muchas veces no están familiarizados con sus nuevas funciones, comprometiendo la respuesta ante casos que requieren pruebas biológicas concluyentes (54,74). De acuerdo con el panorama antes expuesto, es necesario estudiar como diferentes condiciones de lavado afectan la persistencia de células espermáticas en diferentes tipos de tejidos, si es factible recuperar dichas células incluso tras intentos de limpieza, y si estas aún pueden aportar información relevante para esclarecer la naturaleza del delito. Todo ello con el propósito de optimizar los procesos forenses y fortalecer la validez de la evidencia biológica en contextos reales.

En esta investigación se analizaron tres tipos de soporte textil: algodón, puyo y polar, los cuales fueron impregnados con fluido seminal y sometidos a un lavado manual en cuatro ocasiones consecutivas. Para ello, se emplearon de manera individual distintos agentes de lavado: detergente, jabón, lejía, ceniza y una mezcla de vinagre con bicarbonato. Las

telas seleccionadas corresponden a materiales comúnmente empleados en la confección de prendas de vestir, tanto íntimas como de uso diario, tales como faldas, poleras y pantalones. Respecto a los productos de limpieza, se incluyeron agentes convencionales (jabón, lejía y detergente), así como alternativas domésticas de creciente popularidad (bicarbonato y vinagre) y una sustancia (ceniza) aún utilizada en algunas comunidades rurales por su contenido de carbonato de potasio y sus propiedades abrasivas (75,76).

La metodología empleada permitió evaluar la influencia del lavado en la persistencia de espermatozoides sobre los diferentes tipos de telas. Los resultados obtenidos aportan evidencia valiosa sobre la eficacia de los métodos de lavado y sobre como las propiedades de los tejidos favorecen o dificultan la eliminación de residuos biológicos, contribuyendo a una mejor comprensión de la permanencia de material biológico.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que tras el lavado el tipo de tejido influye significativamente en la persistencia de células espermáticas. De los tres soportes textiles analizados, el algodón demostró una mayor capacidad de retención celular. Incluso después de haber sido sometido a cuatro lavados consecutivos con distintos agentes de limpieza, fue posible observar células espermáticas en el 88 % de los soportes elaborados con este material.

Estos hallazgos coinciden por lo reportado por Nolan (9), quien evaluó la persistencia de células espermáticas en seis tipos de soporte textil, entre ellos algodón y polar, obtuvo un mayor conteo y persistencia celular en el algodón. De igual forma, tanto Rivera (15) como Gonzales (10) concluyeron que hay mayor retención de células espermáticas en soportes

elaborados con fibras de algodón en comparación con los textiles fabricados a partir de fibras sintéticas.

La superioridad del algodón en la conservación de células espermáticas podría explicarse por sus propiedades físico-químicas. Al tratarse de una fibra natural, el algodón posee una alta capacidad de absorción y una estructura porosa que facilita la retención de células espermáticas (77). En contraste, los materiales sintéticos o de composición mixta, como el polar (75 %) y el puyo (69 %), mostraron una menor capacidad de retención, probablemente debido a su menor absorbencia y a diferencias en la estructura superficial de sus fibras (78,79). Desde el punto de vista estadístico, las diferencias observadas entre el algodón y los otros dos tejidos (puyo y polar) fueron significativas (valor  $p < 0,001$  en ambos casos), lo que refuerza la evidencia de que el algodón ofrece un entorno más favorable para la conservación de células espermáticas, incluso después del lavado.

Además del tipo de tejido, la cantidad de lavados también tuvo un impacto determinante en la persistencia de células espermáticas. Se observó una persistencia de células espermáticas incluso después de realizar cuatro lavados consecutivos con diferentes agentes de limpieza en los tres tipos de soporte textil analizados. Asimismo, se evidenció una relación inversa entre el número de lavados y el recuento celular, es decir, conforme aumentó la cantidad de lavados, disminuyó la cantidad total de espermatozoides. En los dos primeros lavados, la recuperación celular fue alta; sin embargo, a partir del tercer lavado se evidenció una reducción más notoria en la presencia de células espermáticas

Los hallazgos obtenidos coinciden con lo reportado por Rivera (15), quien observó que las células espermáticas persistían tras un lavado manual o en lavadora. De manera

similar, Nolan (9) sometió distintos soportes textiles a seis lavados consecutivos y, aunque luego del último lavado aún fue posible observar células espermáticas, se evidenció una disminución considerable en su cantidad. Por otro lado, Vilte (12) y Gonzales (10) no lograron observar células espermáticas luego del primer y tercer lavado, respectivamente. Esta diferencia en los resultados puede explicarse por las condiciones particulares de cada experimentación: Vilte utilizó agua tibia (30 °C) durante el proceso de lavado, mientras que Gonzales realizó el muestreo a lo largo de 60 días, tomando la primera muestra a las 24 horas, la segunda a los 30 días y la tercera a los 60 días.

Esta tendencia confirma que, si bien es posible recuperar células espermáticas después de uno o incluso varios lavados, la repetición de este proceso afecta significativamente su persistencia. Este patrón de pérdida progresiva adquiere especial importancia en el ámbito forense, donde puede existir un desfase temporal entre el momento del hecho investigado y la recolección de la prenda, además de intentos de limpieza por parte de los involucrados (8,61). En estos escenarios, la capacidad de recuperar células espermáticas se reduce drásticamente con cada lavado adicional, dificultando la obtención de evidencia biológica.

Otro factor determinante en la persistencia de células espermáticas tras el lavado fue el tipo de agente de lavado empleado. Los resultados del estudio indican que el jabón fue el agente más efectivo para la eliminación de espermatozoides, con una persistencia del 53 %. En contraste, el vinagre combinado con bicarbonato de sodio mostró la menor eficacia, registrando una persistencia del 92 %, seguido por la ceniza (86 %), el agua (83 %), el detergente (81 %) y la lejía (69 %). Estos hallazgos coinciden con lo informado

por Rivera (15), quien identificó una mayor eficacia del jabón frente al detergente en la eliminación de células espermáticas, tanto en lavados manuales como en lavadora. De manera similar, Chamocho (16) y Nolan (9) observaron que el uso de detergente redujo la cantidad de espermatozoides; sin embargo, aún fue posible identificar restos celulares. Gonzales (10) demostró que la lejía presenta mayor eficacia que el detergente en la eliminación de estas células. En relación con medios alternativos, no se encontraron antecedentes documentados sobre el uso de vinagre con bicarbonato ni de ceniza como agentes de limpieza en este contexto forense. Finalmente, en función al agua Ahmed (11) encontró que la humedad y el tiempo influyen en la degradación celular.

Desde el punto de vista estadístico, el análisis reveló diferencias significativas entre el jabón y algunos de los otros agentes evaluados. En particular, se observaron diferencias entre el jabón y el agua ( $p = 0,011$ ), el jabón y la ceniza ( $p = 0,006$ ), y el jabón y el vinagre con bicarbonato ( $p < 0,001$ ). Estos resultados respaldan la hipótesis de que el jabón, por su capacidad para disolver lípidos y romper membranas celulares, resulta más eficaz en la eliminación de células espermáticas (80). En cambio, los demás agentes (lejía, detergente, ceniza, agua y vinagre) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí ( $p > 0,05$ ), lo que sugiere un efecto similar en cuanto a la persistencia espermática.

La evidencia obtenida en este estudio resalta la importancia de considerar el tipo de tejido, la cantidad de lavados y el agente de limpieza al evaluar la persistencia de células espermáticas en pruebas alterada por lavado, especialmente en contextos de importancia forense ya que los resultados indican una alta persistencia de espermatozoides en soportes

de algodón, incluso después de numerosos lavados, reforzando su importancia en la recuperación de evidencia biológica. No obstante, se observó que la cantidad de células disminuye con cada lavado, además de encontrarse diferencias significativas en la eficacia de los distintos agentes químicos utilizados, lo que evidencia la fragilidad de este tipo de indicios. Estos hallazgos aportan información para optimizar los protocolos de recolección y análisis, así como promover la recolección oportuna de muestras en casos donde se sospeche la alteración de la evidencia.

Aunque este estudio permitió evidenciar el impacto del tipo de tejido, la cantidad de lavados y el agente de limpieza en la persistencia de células espermáticas, presenta algunas limitaciones. Si bien, la metodología empleada, centrada en la observación microscópica, resultó efectiva para evidenciar diferencias entre las condiciones experimentales, su sensibilidad limitada evidencia la necesidad de complementar el análisis con técnicas más específicas como coloraciones diferenciales, inmunodetección de marcadores seminales (como antígeno prostático específico o fosfatasa ácida) y análisis de ADN espermático, lo que permitiría una caracterización más precisa de los restos biológicos y su viabilidad para estudios genéticos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La persistencia de estructuras espermáticas se ve significativamente afectada por factores como el tipo de tejido, la cantidad de lavados y el agente de limpieza empleado durante el lavado.
- El algodón fue el soporte textil que presentó mayor persistencia de restos espermáticos, observándose diferencias estadísticamente significativas respecto al poliéster (polar) y a la lana sintética (puyo).
- La cantidad de lavados guarda una relación inversamente proporcional con la persistencia espermática; en otras palabras, a mayor número de lavados, menor fue el recuento de células espermáticas.
- El jabón es el agente con mayor impacto, reduciendo en mayor cantidad las células espermáticas, seguido por el detergente y la lejía. En contraste, el vinagre con bicarbonato de sodio y la ceniza fueron los menos efectivos en la eliminación de dicho material biológico.

#### 5.2. Recomendaciones

- Profundizar investigaciones complementarias que exploren el efecto bioquímico específico de cada agente de lavado sobre la membrana celular y el material genético de los espermatozoides, con el fin de optimizar las metodologías de análisis en contextos forenses.

- Realizar estudios que permitan esclarecer la viabilidad de las células recuperadas tras procesos de lavado, con el fin de evaluar su utilidad en análisis genéticos.

### **LISTA DE REFERENCIAS**

1. Labozzetta M, Fridman V, Gurevich M, Landechea D, López AL, Ploskenos A, et al. Dossier N° 8 Violencia Sexual. Actualización [Internet]. 2023 [cited 2023 Dec 28]. Available from: [https://www.mpf.gob.ar/ufem/files/2023/03/Dossier\\_UFEM\\_N8-Violencia-Sexual.pdf](https://www.mpf.gob.ar/ufem/files/2023/03/Dossier_UFEM_N8-Violencia-Sexual.pdf)
2. Alhattab S, English J. Un nuevo análisis de UNICEF revela la terrible magnitud de las violaciones graves contra la infancia durante los conflictos [Internet]. 2022 [cited 2023 Nov 28]. Available from: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/nuevo-analisis-unicef-revela-terrible-magnitud-violaciones-contra-infancia-conflictos>
3. Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables. Programa nacional para la prevención y erradicación de la violencia contra las mujeres e integrantes del grupo familiar - AURORA [Internet]. 2025 [cited 2025 Apr 24]. Available from: <https://portalestadistico.aurora.gob.pe/wp-content/uploads/2025/04/BV-Marzo-2025.pdf>

4. González Fuentes LR. Identificación de vestigios de semen en casos de delitos sexuales y su importancia en la investigación forense en Panamá. *Revista Cathedra*. 2022 May 31;(17):30–42.
5. González Fuentes LR. Identificación de vestigios de semen en casos de delitos sexuales y su importancia en la investigación forense en panamá. *Revista Cathedra* [Internet]. 2022 [cited 2023 Sep 12];30–42. Available from: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/325/3253232002/>
6. Amaya Becerra LR, Barraza Rodríguez EM, Pesca Polanco WA. Importancia de la biología en los delitos de acceso carnal violento [Internet]. 2015 [cited 2024 Jan 6]. Available from: <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4967/IMPORTANCIA%20DE%20LA%20BIOLOGIA%20EN%20LOS%20DELITOS%20DE%20ACCESO%20CARNAL%20VIOLENTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Stefanidou M, Alevisopoulos G, Spiliopoulou C. Problemas Fundamentales en la Detección Forense de Semen. *West Indian Med J* [Internet]. 2010 [cited 2023 Aug 31];59(3). Available from: [https://westindies.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0043-31442010000300010&lang=es](https://westindies.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0043-31442010000300010&lang=es)
8. Policía Nacional del Perú Dirección de criminalística. Manual de procedimientos periciales de criminalística [Internet]. 2013 [cited 2023 Jul

- 3]. Available from: <https://img.lpderecho.pe/wp-content/uploads/2022/02/Manual-Procedimientos-Periciales-Criminalistica-2012-LPDerecho.pdf>
9. Nolan A, Speers SJ, Murakami J, Chapman B. A pilot study: The effects of repeat washing and fabric type on the detection of seminal fluid and spermatozoa. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2018 Aug 1 [cited 2024 Jan 6];289:51–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29857287/>
10. Hikal Carreon WS. “Análisis y construcción de la identidad profesional del criminólogo y criminalista en México.” *Revista Skopein - Criminalística y Ciencias Forenses* [Internet]. 2020 [cited 2024 Jan 6];6–19. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7701852.pdf>
11. Nabi AG, Mateen RM, Khalid A, Tariq A, Parveen R. Persistence of Semen on five different fabric types in various water environments. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2024 Jan 6];327. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34419677/>
12. Vilte DL. Determinación de presencia de fluido seminal en prendas lavadas. *Minerva* [Internet]. 2024 [cited 2025 Apr 22];2(8):34–5. Available from: <https://ojs.editorialiupfa.com/index.php/minerva/article/view/207/181>
13. Salvatierra Sauñe CJ. Efecto del tiempo y la temperatura sobre el Antígeno Prostático Específico (PSA) y las células espermáticas en manchas de telas

- de interés forense. Ayacucho 2019. [Internet]. [Ayacucho]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2019 [cited 2024 Jan 6]. Available from: <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4469>
14. Sarmiento Bergamino AR. Tipos de soporte y su influencia sobre las variaciones en la morfología y tiempo de permanencia de espermatozoides en muestras forenses, PNP, 2021 - 2022 [Internet]. 2023 [cited 2024 Jan 6]. Available from: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6767?show=full>
15. Rivera Llerena BH. Persistencia de antígeno prostático específico, fosfatasa ácida prostática y células espermáticas en soportes de material sintético y de algodón post lavado [Internet]. 2023 [cited 2024 Jan 6]. Available from: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/a6f17575-5146-4f56-a0af-a97dbab2fd70>
16. Eduardo Chamochumbi-Rodríguez C, Gustavo Espinoza-Carbajal J, Narcés Diaz-Sanchez C, Francisca Reyes-Morales B, Milagros Solar-Morales A, Janina Arévalo-Ramírez D, et al. Persistencia de espermatozoides en prendas de algodón con fines de interés forense. Revista de Investigación Científica REBIOL REBIOL [Internet]. 2023 [cited 2025 Apr 15];43(2):59–65. Available from: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbbiol/article/view/6129/6221>

17. Arévalo Campos LE, Liñan Herrera JL. Influencia de diferentes soportes inertes y tiempo de exposición en la variación morfológica del espermatozoide y la determinación de antígeno prostático específico (PSA) , con fines en la investigación forense relacionados a delitos contra la libertad sexual. 2023.
18. Eche Salvatierra RA, Martínez Chavez RE, Cedeño Cedeño MA. Importancia de la medicina legal y forense en la investigación de hechos violentos. 2023 [cited 2025 Mar 19];2. Available from: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.544-556](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.544-556)
19. Santos Lovatón JE. Reporte del hallazgo de restos seminales de perro en caso de denuncia de posible abuso sexual de menor [Internet]. Arequipa; 2023 Jul [cited 2025 Mar 20]. Available from: <https://revistaescpograpnp.edu.pe/ojs/index.php/1/article/view/36/48>
20. Muñiz Mcaleer C., Lareu Huidobro M.V., De la Puente Vila M.C., Remedios Tato S., Ramos Blanco A. Diferentes metodologías de utilidad en el campo de la genética forense para la identificación de fluido seminal. 2023 [cited 2025 Mar 20]; Available from: <https://agmf.es/az/boletin33DIFERENTES%20METODOLOG%20C3%8DAS%20DE%20UTILIDAD%20EN%20EL%20CAMPO%20DE%20LA%20GEN%20C3%89TICA%20FORENSE%20PARA%20LA%20IDENTIFICACI%20C3%93N%20DE%20FLUIDO%20SEMINAL.pdf>

21. Rayssa Vitoria de Paula Silva, Natália Ellen Castilho de Almeida, Heloisa Bressan Gonçalves. *Biologia Forense: como desvendar crimes usando ciência*. 2021 [cited 2025 Mar 18]; Available from: <https://ocs.ifsp.edu.br/conict/xiiconict/paper/viewPaper/7740>
22. Wing KE. The evaluation of semenogelin proteins I and II in semen and other body fluids of males and females for forensic detection [Internet]. Murdoch University; Honours; 2021 [cited 2025 Mar 18]. Available from: <https://researchportal.murdoch.edu.au/esploro/outputs/graduate/The-evaluation-of-semenogelin-proteins-I/991005546027407891>
23. Aparicio Sigüeñas JL. *Perfiles genéticos en indicios biológicos de interés criminalístico*. 2023.
24. Mauricio Olivera JA. *Utilidad de pruebas inmunocromatográficas clínicas para detección de antígeno prostático específico aplicadas en muestras forenses de hisopados vaginales. unidad médico legal II Lima este, 2021-2022* [Internet]. 2023. Available from: <https://orcid.org/0000-0002-7778->
25. Javier Alberto MP. *Trabajo académico realizado en el laboratorio de biología forense - unidad de criminalística - dirección de investigación criminal de la policía nacional del Perú - Lima, sobre la detección de resto seminal como evidencia criminalística. Durante 2017* [Internet]. 2021 [cited 2025 Mar 21]. Available from: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5fa393bf-a738->

445c-972f-728cab06de52/content#:~:text=1.1.,-

Espermatolog%C3%ADa%20forense&text=La%20espermatolog%C3%ADa%20forense%2C%20es%20una,sexual%20(Kelly%2C%202021).

26. Ferradas Chiara. Abril. Análisis sobre la transferencia de fibras entre los distintos tejidos en el lugar del hecho [Internet]. 2022 [cited 2025 Apr 19]. Available from: [http://redi.ufasta.edu.ar/jspui/bitstream/123456789/937/1/Ferradas%20Chiara\\_CRI\\_2022.pdf](http://redi.ufasta.edu.ar/jspui/bitstream/123456789/937/1/Ferradas%20Chiara_CRI_2022.pdf)
27. Basilio Caraves A. La ruta del espermatozoide, desde su formación hasta la fecundación. [Internet]. 2022 [cited 2025 Mar 18]. Available from: <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26702>
28. Julio Cesar Estevez Claveria. Formación criminalística enfoque pericial algunos aspectos de la investigación científica forense. 2008.
29. León Ávila LR, Méndez Gómez ME. Determinación de los valores de referencia de espermograma en pacientes de 18 - 60 años que acudieron a su evaluación en el laboratorio de andrología de la clínica de reproducción humana, ubicada en la zona 10 de la ciudad de Guatemala en el año 2021. 2023;
30. Chung E, Atmoko W, Saleh R, Shah R, Agarwal A. Sixth edition of the World Health Organization laboratory manual of semen analysis: Updates

and essential take away for busy clinicians. Arab J Urol. 2024 Apr 2;22(2):71–4.

31. Villalba Martínez Celia. Implicaciones del estrés oxidativo en la infertilidad masculina: Análisis de marcadores bioquímicos en plasma seminal y su asociación con parámetros del seminograma y la capacitación espermática [Internet]. 2014 [cited 2025 Apr 2]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=60280>
32. Villalba Martínez C. Implicaciones del estrés oxidativo en la infertilidad masculina: Análisis de marcadores bioquímicos en plasma seminal y su asociación con parámetros del seminograma y la capacitación espermática [Internet]. 2014 [cited 2024 Jan 6]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=60280>
33. Bruce M C. Embriología humana y biología del desarrollo [Internet]. 7th ed. 2025 [cited 2025 Mar 15]. 13 p. Available from: <https://books.google.es/books?id=MRM-EQAAQBAJ&lpg=PP1&ots=LooT1ivFJJ&dq=estructura%20del%20espermatozoide%20humano&lr&hl=es&pg=PR4#v=onepage&q&f=false>
34. Luna Romero J. Análisis morfológico y morfométrico ultraestructural de las vacuolas nucleares del espermatozoide humano. 2021 [cited 2025 Mar 15]; Available from: <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/121651>

35. Tímermans Camba A. Estudio basal y dinámico de la fragmentación del ADN nuclear y mitocondrial en espermatozoides humanos [Internet]. 2024 [cited 2025 Mar 15]. Available from: <https://www.udc.es/es/teses/tese/?codigo=n2003>
36. Instituto Bernabue. ¿Cuánto viven los espermatozoides? 2020.
37. Esquivias Ramírez WE. Estudio de las variaciones morfológicas y tiempo de permanencia de los espermatozoides impregnados en dos tipos de soporte sometidos al efecto de Escherichia coli, con fines en la investigación [Internet]. 2018 [cited 2024 Jan 6]. Available from: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3160356>
38. Lizarazo Quintero AY, Rodríguez AY. Morphometric comparison of human died spermatozoa and pets, dyed with the color of christmas tree. [Internet]. 2016 [cited 2025 Mar 29]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/44323>
39. Bruce M. C. Embriología humana y biología del desarrollo. 2025.
40. Cole Reagan Gizelbach by B. Forensic semen identification in semen-saliva mixtures [Internet]. 2022 [cited 2025 Mar 15]. Available from: <https://open.bu.edu/server/api/core/bitstreams/b640299e-b058-48ae-b2e3-6a3cee0b923f/content>

41. Feng J, Rubbi L, Kianian R, Mills JN, Osadchiy V, Sigalos JT, et al. Epigenetic aging of semen is associated with inflammation. *Epigenetics*. 2024 Dec 31;19(1).
42. Gill K, Jakubik-Uljasz J, Rosiak-Gill A, Grabowska M, Matuszewski M, Piasecka M. Male aging as a causative factor of detrimental changes in human conventional semen parameters and sperm DNA integrity. *The Aging Male*. 2020 Dec 4;23(5):1321–32.
43. Bahri H, Ben Khalifa M, Ben Rhouma M, Abidi Z, Abbassi E, Ben Rhouma K, et al. Decline in semen quality of North African men: a retrospective study of 20,958 sperm analyses of men from different North African countries tested in Tunisia over a period of 6 years (2013–2018). *Ann Hum Biol*. 2021 May 19;48(4):350–9.
44. Azevedo RC, A Cardoso MC, Caldas LA, Vieira Werneck CL, Cohen CN, Yamamoto KA, et al. The Impact of Zika Virus Infection On Human Semen: A Case Study. *Future Virol*. 2020 Jan 14;15(1):5–12.
45. Khan N, Shah M, Malik MO, Badshah H, Habib SH, Shah I, et al. The effects of tobacco and cannabis use on semen and endocrine parameters in infertile males. *Hum Fertil*. 2023 May 27;26(3):564–72.
46. Yang W, Duan Z, Li G, Geng H, Gao Y, Shen Q, et al. Association of lifestyle and occupational exposure factors with human semen quality: a

cross-sectional study of 1060 participants. *Syst Biol Reprod Med*. 2024 Dec 31;70(1):150–63.

47. Jeng HA, Sikdar S, Huang YL, Pan CH. Mixture analysis of associations between exposure to low levels of multiple metals and semen quality and sperm DNA integrity. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 2022 Mar 21;57(4):318–26.
48. Ortiz Meneses JA. Identificación de bacterias patógenas causantes de infecciones de vías seminales en hombres de 20 a 40 años de edad que acuden al laboratorio central Puyo. 2016.
49. Sotelo Tascon Jared. Principales géneros bacterianos encontrados en la microbiota seminal de pacientes fértiles e infértiles. 2020.
50. Castellón E, Cesari A, Fornés MW. *Biología de la Gameta Masculina Desde lo básico a nuevos enfoques para preguntas conocidas*. 2018.
51. Brown D. Recombinant expression of human semenogelin proteins and creation of novel antibodies for the detection of human semen [Internet]. 2020 [cited 2025 Mar 18]. Available from: <https://dsc.duq.edu/gsrs/2020/proceedings/10>
52. Tarco Chinlle DG. Métodos inmunológicos y de tinciones para la identificación de espermatozoides en muestras de delitos sexuales

[Internet]. 2023 [cited 2025 Mar 29]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11068/1/Tarco%20Chinlle%2c%20D%282023%29M%c3%a9todos%20inmunol%c3%b3gicos%20y%20de%20tinciones%20para%20la%20identificaci%c3%b3n%20de%20espermatozoides%20en%20muestras%20de%20delitos%20sexuales%28Tesis%20de%20Pregrado%29%20Universidad%20Nacional%20de%20Chimborazo%20Riobamba%2c%20Ecuador.pdf>

53. Quispe Mayta SE. Investigación forense del Antígeno Específico de Próstata (PSA) en delitos de agresión sexual, en diversos fluidos biológicos humanos de interés forense [Internet]. Vol. 3, Revista Con-ciencia N°1. 2015 [cited 2024 Jan 6]. Available from: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-02652015000100007](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652015000100007)
54. Morales Flores E. Procedimiento de la investigación criminalística en los procesos penales del Perú [Internet]. 2019 [cited 2025 May 1]. Available from: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5136/Morales%20Flores%2C%20Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
55. castro Bobadilla DA, Dickerman Kraunick AR. Sexología forense para médicos y abogados [Internet]. 2001 [cited 2025 Mar 21]. Available from: <http://www.bvs.hn/Honduras/SexologiaForense/pdf/SexologiaForense.pdf>

56. Tineo Medina FK. Determinación de la concentración mínima para la detección de manchas secas de semen con técnicas forenses, Ayacucho 2023 [Internet]. 2023 [cited 2025 Mar 29]. Available from: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4913ecc2-1b51-46dc-bdb8-ae8d98f828f4/content>
57. Roshdy Abouelkeir A, Alrahman Ali AA, Fathi Abdelsatar M, Ahmed Rashed L, Ahmed Alsaeed S. Application of the Methylated Markers (Spectrin Beta and DEAD-Box Protein) for Definitive Differentiation Between Fresh and Aged Semen by evaluating Their Role in Identifying Semen From Mixed Body Fluids. *International Journal of Medical Toxicology and Forensic Medicine* [Internet]. 2022 Oct 1 [cited 2025 Mar 17];12(4):2–3. Available from: <https://journals.sbm.ac.ir/ijmtfm/article/view/38615/29860>
58. Rodríguez-Jorge RR, Pérez-González E, Loy-Vera B, Díaz Noguel N. La genética forense como herramienta de investigación policial. 2023 [cited 2025 Mar 20]; Available from: <https://revmedforense.uv.mx/index.php/RevINMEFO/article/view/3022/4913>
59. González Fuentes LR. Identificación de vestigios de semen en casos de delitos sexuales y su importancia en la investigación forense en Panamá. *Revista Cathedra*. 2022 May 31;(17):30–42.

60. Yolanda Torres Aragón, M. Aler, A. Plata, A. Domínguez, P. Sanz, M. Gisbert. Factores que afectan al análisis biológico de las muestras de agresiones sexuales. 2007 [cited 2025 Mar 19]; Available from: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-76062007000100005](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062007000100005)
61. Zunino C, Foyo R, Ramon Michel A, Fernanda Rodríguez M, Ariza S, Leonardi C, et al. Protocolo modelo para el resguardo de la evidencia genética en casos de abuso sexual contra niñas, niños y adolescentes. 2020.
62. Palhares M, Ferreira Da Silva F. Optimization of the use of biological traces in forensic routine: DNA extraction from fluid identification tests. 2022.
63. González Fuentes LR. Identificación de vestigios de semen en casos de delitos sexuales y su importancia en la investigación forense en Panamá. *Revista Cathedra*. 2022 May 31;(17):30–42.
64. Montenegro Villegas FY. Aplicación del reactivo fosfatasa acida de uso clínico para la determinación de presencia de fluido seminal con fines forenses en el laboratorio clínico h y d salud - 2021 [Internet]. 2021 [cited 2025 Mar 25]. Available from: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/server/api/core/bitstreams/27a60769-4d70-4687-bc7c-3d53e72644f0/content>

65. Tarco Chinlle DG. Métodos inmunológicos y de tinciones para la identificación de espermatozoides en muestras de delitos sexuales [Internet]. Scholastic; 2023 [cited 2025 Apr 19]. 103 p. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11068/1/Tarco%20Chinlle%2c%20D%282023%29M%c3%a9todos%20inmunol%c3%b3gicos%20y%20de%20tinciones%20para%20la%20identificaci%c3%b3n%20de%20espermatozoides%20en%20muestras%20de%20delitos%20sexuales%28Tesis%20de%20Pregrado%29%20Universidad%20Nacional%20de%20Chimbora zo%20Riobamba%2c%20Ecuador.pdf>
66. Montenegro Villegas FY. Aplicación del reactivo fosfatasa acida de uso clínico para la determinación de presencia de fluido seminal con fines forenses en el laboratorio clínico H y D salud - 2021. 2021.
67. Cheje Quispe NY. Evaluación del embalaje sobre la fiabilidad de evidencias biológicas con restos seminales en el laboratorio de biología forense de la oficina de criminalística (OFICRI) de la PNP Arequipa, 2023. 2023.
68. Gutiérrez Cortés R. Procesado de muestras y tinción hematoxilina-eosina. 2021.
69. Flor B, Medina KT, Ruth M, De EH, Cruz LA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

Determinación de la concentración mínima para la detección de manchas secas de semen con técnicas forenses, Ayacucho 2023.

70. Mallma Marca P. Colorantes Diff-Quik y Eosina-Nigrosina en la evaluación morfológica antes y después de la criopreservación del semen del toro Holstein. 2019.
71. De Ingeniería C, Biotecnología EN, -Ecuador G. Análisis documental y bioestadístico de los métodos de evaluación morfológica de espermatozoides humanos en una clínica de medicina reproductiva en Guayaquil, Ecuador. 2024.
72. Westring CG, Wiuf M, Nielsen SJ, Fogleman JC, Old JB, Lenz C, et al. SPERM HY-LITER™ for the identification of spermatozoa from sexual assault evidence. *Forensic Sci Int Genet*. 2014 Sep;12:161–7.
73. PREVOR. Descubrir los riesgos químicos de los productos de limpieza [Internet]. 2022 [cited 2025 Apr 23]. Available from: <https://www.prevor.com/es/los-riesgos-quimicos-de-los-productos-de-limpieza/>
74. Servat Fuentes Z. Efectividad del brazo electrónico de Thevenon-Roland para la detección de manchas de sangre evaluados en el instituto de medicina legal y ciencias forenses- Callao [Internet]. 2020 [cited 2025 May 1]. Available from:

<https://repositorio.uwiener.edu.pe/server/api/core/bitstreams/97e14d6e-4e84-4ea7-a342-0e67e8edb8b2/content>

75. Paludan-Müller AS, Boesen K, Klerings I, Jørgensen KJ, Munkholm K. Hand cleaning with ash for reducing the spread of viral and bacterial infections: a rapid review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020 Apr 28;2020(7).
76. Real Academia Española. *Diccionario histórico de la lengua española (1933-1936)*. 2021.
77. Parvin A, Rahman M, Cattani DJ. Observation of a Chemical Softener's Effects on Stem-Specific Lignocellulosic Brassica napus (Type: Canola) (Cultivar: HYHEAR 3) Fiber Quality. *Journal of Textile Science and Technology*. 2021;07(03):112–30.
78. Nizam EngrMdeH, Islam M, Tanvir MdTRB, Hossain M, Mia B, Islam A. Effects of O<sub>3</sub> Treatment on Different Composition % (Cotton, Polyester, Elastane) of Denim Fabrication (GSM 295, 327, 340, 343, 357, 360, 413) after Random O<sub>3</sub> Wash. *Journal of Textile Science and Technology*. 2023;09(04):215–26.
79. Islam MN, Rahman LL, Hosen MdI, Mridha JH, Sakib-Uz-Zaman Md, Hossen MdS, et al. Comparison between Tencel-Flax Blended Slub Yarn

and Cotton-Flax Blended Slub Yarn. Journal of Textile Science and Technology. 2022;08(04):221–30.

80. Regla I, Vázquez Vélez E, Cuervo Amaya DH, Cristobal Neri A. La química del jabón y algunas aplicaciones. 2013.

## APÉNDICES Y ANEXOS

### APÉNDICES

*Apéndice 01. Ficha de recuento de células espermáticas según el tipo de textil, el agente de lavado, el número de repetición y la cantidad de lavados*

<b>Tipo de textil:</b>		<b>Agente de lavado:</b>			
		<b>N° de lavados</b>			
<b>N° campos</b>	<b>Control</b>	<b>Lavado 1</b>	<b>Lavado 2</b>	<b>Lavado 3</b>	<b>Lavado 4</b>
<b>01</b>					
<b>02</b>					
<b>03</b>					
<b>04</b>					
<b>05</b>					
<b>06</b>					
<b>07</b>					
<b>08</b>					
<b>09</b>					
<b>10</b>					

---

**11**

---

**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

---

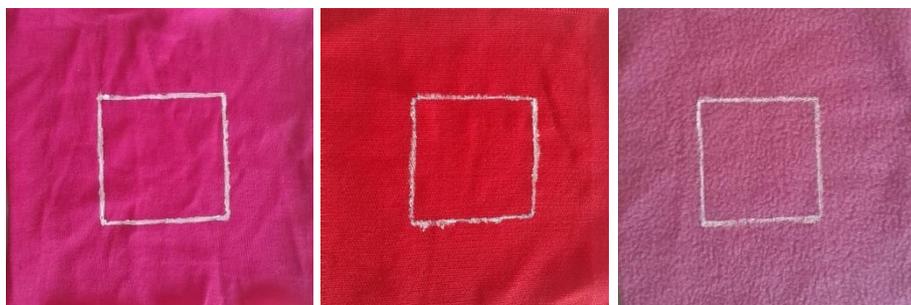
40

---

Apéndice 02. Muestra de semen obtenida del laboratorio.



Apéndice 03. Soportes textiles. A. Algodón, B. Puyo, C. Polar



Apéndice 04. Impregnación de semen en soportes textiles.



Apéndice 05. Fragmentos de tela (algodón, puyo y polar) impregnados con semen.



Apéndice 06. Proceso de lavado. A pesar los productos químicos a usar. B Remojado del soporte textil. C Lavado manual de soporte textil.



Apéndice 07 Procesamiento de muestras en laboratorio. A. tubos de ensayo con fragmentos de tela; B. Retiro de fragmentos con baja lenguas; C. tubos de ensayo luego de retirar el fragmento de tela.



Apéndice 08. Centrifugación de tubos de ensayos.



Apéndice 09. Tinción de láminas. A. Decantado del sobrenadante; B. Extensión del sedimento en laminas portaobjetos; C. coloración con cristal Violeta.



## Apéndice 10. Lectura microscópica de muestras

