



mercedes.alvarez  
@actumforense.es  
ORCID:  
0009-0006-4523-2210

**Historia del artículo:**

Recibido: 05/03/2026  
Corregido: 07/07/2026  
Aceptado: 10/07/2026  
Publicado: 22/09/2026

**Tipo de trabajo:**

Revisión narrativa

**Contribución de Autoría:**

Autor 1, 2, 3 y 4:  
Conceptualización,  
metodología y redacción.  
Autor 5: Análisis, redacción  
y revisión.

## Interpretación de la evidencia de ADN a nivel de actividad en ciencias forenses: Transferencia, prevalencia, persistencia y recuperación

**Autores:** Aleixandre Díez, A.<sup>1</sup>, Ruíz Mira, M.<sup>2</sup>, Hinarejos Olcina, A.<sup>3</sup>, Martín  
Alonso, S.<sup>4</sup> y Álvarez Seguí, M.<sup>5</sup>

**Lugar de trabajo:**

<sup>1</sup> Médico Forense. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Valencia.

<sup>2, 3 y 4</sup> Médicos Internos Residentes. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Valencia.

<sup>5</sup> Médico Forense. Jefa del Servicio de Laboratorio. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Valencia. Criminóloga.

### Resumen

La interpretación de la evidencia de ADN en ciencias forenses ha experimentado una transformación conceptual significativa durante las últimas décadas. El avance tecnológico en la sensibilidad de las técnicas de detección ha desplazado el foco del análisis forense desde la mera identificación de la fuente genética hacia la comprensión de los mecanismos que explican la presencia o ausencia de dicha evidencia. En este marco, la revisión publicada por Woollacott et al. (2025) en la revista Forensic Sciences constituye una referencia fundamental para comprender los cuatro factores que modulan el valor probatorio del ADN corporal: la transferencia (directa o indirecta), la prevalencia (ADN de fondo preexistente), la persistencia (tiempo de detección tras el depósito) y la recuperación (eficiencia del proceso de recogida y análisis). El presente artículo examina de forma crítica estos cuatro elementos desde la perspectiva de la medicina legal y la criminología, con especial atención a las implicaciones jurídicas y procesales que su correcta interpretación conlleva. Se analiza igualmente el paradigma de



**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener ningún tipo de conflicto de intereses.

**Fuentes de financiación:**

Los autores declaran la ausencia de financiación.

**Cómo citar este artículo:**

Aleixandre Díez, A., Ruíz Mira, M., Hinarejos Olcina, A., Martín Alonso, S. y Álvarez Seguí, M. (2026). Interpretación de la evidencia de ADN a nivel de actividad en ciencias forenses: Transferencia, prevalencia, persistencia y recuperación. Actum Forense.

Artículo de acceso abierto (open access), publicado bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

la interpretación a nivel de actividad y su implementación mediante marcos probabilísticos como la razón de verosimilitud (likelihood ratio) y las redes bayesianas. Se concluye que la ausencia de estándares interpretativos unificados a escala internacional, combinada con la creciente sensibilidad de las técnicas de análisis, representa uno de los mayores retos actuales de la justicia forense. La formación especializada de peritos y la implementación de marcos interpretativos probabilísticos resultan imprescindibles para garantizar la fiabilidad científica y el equilibrio procesal de la prueba de ADN.

**Palabras clave:** ADN forense; transferencia de ADN; persistencia de ADN; interpretación a nivel de actividad; medicina legal; razón de verosimilitud; prueba forense; criminología forense

**Abstract**

The interpretation of DNA evidence in forensic science has undergone a significant conceptual transformation over recent decades. Technological advances in detection sensitivity have shifted the forensic focus from mere source identification towards an understanding of the mechanisms underlying the presence or absence of genetic evidence. In this context, the review published by Woollacott et al. (2025) in the journal Forensic Sciences represents a key reference for understanding the four factors that modulate the probative value of body-area DNA: transfer (direct or indirect), prevalence (pre-existing background DNA), persistence (detection window following deposition), and recovery (efficiency of collection and analytical processes). This article critically examines these four elements from the perspectives of forensic medicine and criminology, with particular emphasis on their legal and procedural implications. The activity-level interpretation paradigm and its implementation through probabilistic frameworks—notably the likelihood ratio and Bayesian networks—are also analysed. It is concluded that the absence of internationally unified interpretive standards, combined with the increasing sensitivity of analytical techniques, represents one of the foremost challenges facing contemporary forensic justice. The specialised training of forensic experts and the adoption of probabilistic interpretive frameworks are indispensable for ensuring the scientific reliability and procedural



balance of DNA evidence.

**Keywords:** forensic DNA; DNA transfer; DNA persistence; activity level interpretation; forensic medicine; likelihood ratio; forensic evidence; forensic criminology

## Introducción

La prueba de ADN ha sido considerada, desde su introducción en los sistemas judiciales a finales de la década de 1980, como uno de los avances más revolucionarios en la historia de las ciencias forenses. Su capacidad para identificar a un individuo a partir de cantidades ínfimas de material biológico la ha convertido en un elemento central de la investigación criminal y en un referente de objetividad científica ante los tribunales. Sin embargo, esta confianza, en ocasiones ciega, en la evidencia genética ha comenzado a ser cuestionada con rigor desde el propio ámbito científico, a medida que la comunidad forense ha tomado conciencia de que la presencia de un perfil de ADN en una muestra no responde únicamente a la pregunta de quién estuvo en un lugar, sino también —y de manera crítica— a cómo, cuándo y en qué circunstancias se produjo el depósito de ese material genético (van Oorschot et al., 2019).

El avance tecnológico en la sensibilidad de los sistemas de detección ha amplificado esta problemática. Actualmente es posible obtener un perfil genético completo a partir de tan solo 100 picogramos de ADN, equivalentes a entre 15 y 20 células humanas (Sessa et al., 2023). Este umbral de detección, extraordinariamente bajo, ha abierto la puerta a nuevos interrogantes sobre la interpretación de trazas genéticas cuya presencia podría obedecer a mecanismos de transferencia secundaria o terciaria, a la existencia de ADN de fondo en la escena del crimen o en el propio cuerpo de la víctima o el sospechoso, o a tiempos de persistencia que no guardan necesariamente relación con el momento de los hechos investigados (McCrane y Mulligan, 2024). En este contexto, la diferencia entre una prueba de cargo concluyente y una coincidencia fortuita puede depender, en última instancia, del marco interpretativo



adoptado por el perito.

Desde el punto de vista de la medicina legal, estas cuestiones adquieren especial relevancia en la investigación de delitos de agresión sexual, donde la detección de material seminal o de células epiteliales ajenas en el cuerpo de la víctima es frecuentemente interpretada como prueba directa del contacto sexual delictivo. Sin embargo, la ciencia ha demostrado que la persistencia del esperma y del ADN en las diferentes cavidades corporales —vaginal, oral, anal— varía de manera considerable en función de factores individuales, ambientales y conductuales, lo que hace que la estimación del tiempo transcurrido desde la última relación sexual (Time Since Intercourse, TSI) sea una tarea sometida a importantes limitaciones metodológicas (Nittis et al., 2021; Schulte et al., 2025). La expresión de este tipo de opiniones periciales de forma categórica, sin la debida cualificación probabilística, puede inducir al tribunal a error con consecuencias jurídicas potencialmente irreversibles.

Desde la perspectiva de la criminología, el problema del ADN de transferencia secundaria ha pasado a ocupar un lugar central en el debate sobre la fiabilidad de la prueba forense. Casos de alto perfil —como el proceso penal seguido contra Bryan Kohberger en Idaho, en el que el ADN de contacto depositado sobre una vaina de cuchillo constituyó un elemento probatorio central— han puesto de manifiesto la necesidad de que los operadores jurídicos comprendan los mecanismos de transferencia indirecta y sus implicaciones para la inocencia o culpabilidad de los acusados (Hall y Wickenheiser, 2024). En este sentido, la interpretación de la evidencia de ADN a nivel de actividad, sustentada en marcos probabilísticos como la razón de verosimilitud y las redes bayesianas, se perfila como el paradigma interpretativo más riguroso y epistemológicamente sólido para afrontar estos retos (Taylor y Kokshoorn, 2023).

La revisión sistemática publicada en 2025 por Woollacott, Goray, van Oorschot y Taylor en la revista *Forensic Sciences* —titulada «The Transfer, Prevalence, Persistence, and Recovery of DNA from Body Areas in Forensic Science»— representa la síntesis más actualizada y exhaustiva del estado del conocimiento sobre estos cuatro factores críticos en el contexto de la evidencia corporal (Woollacott et al., 2025).



Su publicación justifica la necesidad de una reflexión crítica y multidisciplinar que integre las perspectivas de la biología forense, la medicina legal y la criminología, con el objetivo de mejorar la calidad de las opiniones periciales y de garantizar el equilibrio procesal en los sistemas judiciales modernos.

El presente artículo persigue contribuir a este debate mediante un análisis estructurado de los factores de transferencia, prevalencia, persistencia y recuperación del ADN corporal, de sus implicaciones para la interpretación a nivel de actividad, y de los marcos probabilísticos disponibles para dotar de rigor científico a las opiniones periciales en el ámbito forense y judicial.

### Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo general analizar el estado actual del conocimiento científico sobre los factores que condicionan la interpretación de la evidencia de ADN corporal en el ámbito forense, con especial atención a sus implicaciones para la medicina legal y la criminología. Para ello, se persiguen los siguientes objetivos específicos:

En primer lugar, describir y caracterizar los cuatro factores fundamentales que modulan el valor probatorio del ADN en el cuerpo humano —transferencia, prevalencia, persistencia y recuperación—, identificando las principales variables que los condicionan y los avances metodológicos más relevantes en su estudio. En segundo lugar, examinar el paradigma de la interpretación a nivel de actividad, diferenciándolo de los niveles de interpretación de origen y de fuente, y analizando su aplicación en el contexto de la medicina forense y la investigación criminal. En tercer lugar, revisar los marcos probabilísticos —razón de verosimilitud y redes bayesianas— disponibles para la formalización de la interpretación forense a nivel de actividad, evaluando sus fundamentos estadísticos y sus limitaciones prácticas. En cuarto lugar, analizar las implicaciones jurídicas y procesales de la interpretación de la evidencia de ADN corporal, con especial referencia a los delitos de agresión sexual y a los riesgos de error judicial derivados de una interpretación inadecuada. Finalmente, identificar las principales lagunas en el conocimiento actual y proponer líneas de investigación prioritarias para el desarrollo futuro de este campo.



## Metodología

El presente trabajo se ha desarrollado como una revisión narrativa de la literatura científica especializada, siguiendo una estrategia de búsqueda sistemática en las principales bases de datos bibliográficas de referencia en el ámbito de las ciencias forenses: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y Google Scholar. La búsqueda se orientó específicamente hacia publicaciones en revistas de alto factor de impacto, incluyendo Forensic Science International: Genetics, Forensic Sciences, Journal of Forensic Sciences, International Journal of Legal Medicine y Science & Justice, entre otras.

Los términos de búsqueda empleados, tanto en inglés como en español, incluyeron combinaciones de las siguientes palabras clave: «DNA transfer», «DNA persistence», «DNA prevalence», «DNA recovery», «activity level propositions», «touch DNA», «secondary DNA transfer», «likelihood ratio forensic DNA», «time since intercourse», «forensic biology sexual assault», «Bayesian networks forensic», «forensic DNA interpretation» y «DNA-TPPR». La búsqueda se limitó a publicaciones comprendidas entre los años 2010 y 2025, con especial énfasis en aquellas publicadas a partir de 2018, año en que se consolidó el uso del acrónimo DNA-TPPR en la literatura especializada. No obstante, se incluyeron referencias anteriores cuando su relevancia conceptual lo justificó. Finalmente, se aplicaron criterios de inclusión basados en la originalidad, el rigor metodológico y la relevancia temática de las publicaciones, excluyéndose artículos de opinión sin base empírica, comunicaciones a congresos sin revisión por pares y literatura gris no contrastada.

## Marco conceptual

### *Transferencia de ADN*

La transferencia de ADN hace referencia al conjunto de mecanismos mediante los cuales el material genético de un individuo pasa a depositarse sobre una superficie, un objeto o el cuerpo de otra persona. Van Oorschot et al. (2019) sistematizaron este fenómeno en su influyente revisión publicada en Forensic Science International:



Genetics, diferenciando entre la transferencia primaria o directa —que ocurre cuando existe contacto físico inmediato entre la fuente y el sustrato— y la transferencia secundaria o indirecta —en la que el ADN migra a través de uno o más intermediarios sin que se produzca contacto directo entre la fuente original y el sustrato final—. Esta distinción es fundamental para la interpretación forense, pues implica que la presencia de ADN de un individuo en la escena de un crimen o en el cuerpo de una víctima no constituye, por sí sola, evidencia de participación directa en los hechos investigados.

El denominado «touch DNA» o ADN de contacto —concepto inicialmente acuñado por van Oorschot y Jones (1997)— ha sido objeto de un número creciente de estudios experimentales orientados a cuantificar y modelar los factores que determinan la cantidad y calidad del ADN transferido. Entre estos factores destacan el estado de la piel del donante (hidratación, descamación), la presión y duración del contacto, el tipo de superficie receptora y las características individuales de cada persona como «donante» de ADN —variabilidad conocida como «shedder status» (Fonneløp et al., 2017)—. Más recientemente, McCrane y Mulligan (2024) han demostrado experimentalmente la posibilidad de transferencia terciaria, añadiendo un nivel adicional de complejidad a la interpretación forense de este tipo de evidencia. Esta acumulación de evidencia científica respalda la idea de que la transferencia de ADN es un proceso altamente variable e impredecible, cuya interpretación exige un profundo conocimiento de los mecanismos subyacentes.

Desde una perspectiva médico-legal, la transferencia de ADN cobra especial relevancia en la investigación de delitos contra la libertad sexual. En estos casos, no solo el semen —fluido biológico cuya detección ha sido históricamente el principal objetivo del análisis forense— sino también las células epiteliales, la saliva y otras secreciones corporales pueden transferirse entre las partes implicadas, tanto de forma directa durante el contacto sexual como de manera indirecta a través de ropa, superficies textiles o manos de terceras personas (Woollacott et al., 2025). De hecho, el estudio de Noël et al. (2016) sobre la transferencia secundaria de espermatozoides desde ropa a ropa durante el lavado doméstico demostró que puede transferirse ADN suficiente para obtener perfiles genéticos completos, y halló ADN



de familiares convivientes en la ropa interior infantil sin que hubiera existido contacto sexual alguno con el menor, lo que subraya la necesidad de interpretar estos hallazgos con extrema cautela en el ámbito judicial.

### *Prevalencia del ADN*

La prevalencia hace referencia a la presencia de ADN ajeno —«non-self DNA»— en el cuerpo de una persona antes de que se produzca el evento de interés forense. Esta realidad, sistemáticamente subestimada durante décadas, ha ganado relevancia a medida que las técnicas de análisis se han vuelto suficientemente sensibles como para detectar cantidades de ADN que, en el pasado, habrían permanecido por debajo del umbral de detección. Woollacott et al. (2025) subrayan que el ADN de fondo puede proceder de múltiples fuentes: contacto cotidiano con personas del entorno inmediato (pareja, familiares, compañeros de trabajo), uso compartido de objetos, actividades laborales o deportivas, o incluso de interacciones sociales rutinarias como los apretones de mano. En consecuencia, la detección de un perfil de ADN ajeno en el cuerpo de una víctima no puede atribuirse automáticamente a los hechos investigados sin tener en cuenta esta realidad preexistente.

La prevalencia presenta una variabilidad considerable en función de las áreas corporales estudiadas. Las manos y las muñecas, como zonas de contacto frecuente con el entorno, exhiben los niveles más elevados de ADN de fondo, mientras que las mucosas y las cavidades internas presentan perfiles menos heterogéneos en ausencia de contacto sexual reciente. No obstante, investigaciones como la de Graham y Rutty (2008), en la que se analizó el ADN «normal de fondo» en el cuello de adultos, demostraron la presencia habitual de ADN ajeno en zonas del cuerpo aparentemente alejadas de interacciones físicas frecuentes, con implicaciones directas para la interpretación de hallazgos en víctimas de estrangulamiento manual. Este tipo de estudios pone de manifiesto que el umbral entre «evidencia incriminatoria» y «ADN de fondo» es, en muchos casos, más difuso de lo que la intuición —o la retórica judicial— sugieren.

Desde el punto de vista del diseño de la investigación forense, la medición de la prevalencia exige la recogida sistemática de muestras control antes o inmediatamente después del evento de interés, una



práctica que dista de estar universalmente implantada en los protocolos de actuación de los servicios forenses. La estandarización y armonización de estos protocolos ha sido reclamada reiteradamente por la comunidad científica (Kokshoorn et al., 2018), y su ausencia representa una de las principales limitaciones que afectan a la calidad interpretativa de la evidencia de ADN en el sistema judicial.

### *Persistencia del ADN*

La persistencia se refiere al período de tiempo durante el cual el ADN depositado permanece detectable con las técnicas analíticas disponibles. En el contexto de la medicina legal, la estimación del tiempo transcurrido desde la última relación sexual —comúnmente referida como Time Since Intercourse (TSI)— constituye uno de los indicadores más relevantes para la investigación de delitos de agresión sexual, pues puede contribuir a contextualizar temporalmente los hallazgos biológicos y a corroborar o refutar la versión de la víctima o del sospechoso. Sin embargo, la literatura científica ha documentado de forma consistente que la persistencia del esperma y del ADN seminal varía de manera significativa en función de múltiples factores, entre los que destacan el área corporal analizada, el comportamiento higiénico postcoital, el momento del ciclo menstrual de la víctima y las características individuales del donante (Fonneløp et al., 2019; Schulte et al., 2025).

En términos generales, la literatura científica indica que los espermatozoides resultan detectables en muestras vaginales hasta aproximadamente 72 horas después del coito en condiciones favorables, y excepcionalmente hasta seis días mediante técnicas moleculares avanzadas como la tipificación de cromosoma Y (Y-STR). En cavidades orales, la persistencia es significativamente más corta, con una ventana de detección habitual de hasta 12 horas, mientras que las células epiteliales se han detectado hasta 43 horas después del depósito (Fonneløp et al., 2019). Nittis et al. (2021) concluyeron en su estudio sobre la preparación de frotis en casos de agresión sexual que los frotis realizados por el examinador forense en el momento de la exploración presentan mayor concentración espermática y permiten estimaciones TSI más discriminantes que los frotis preparados posteriormente en el laboratorio, lo que subraya la importancia del momento y del protocolo



de recogida de muestras.

Un aspecto de particular relevancia es que la persistencia del ADN celular —incluyendo células epiteliales— difiere de la persistencia del espermatozoides, y que ambas pueden verse afectadas de manera diferencial por factores ambientales como la temperatura, la humedad, la exposición a la luz ultravioleta o la presencia de microorganismos degradantes. Esta multidimensionalidad del fenómeno de la persistencia impone la necesidad de expresar cualquier estimación temporal de forma probabilística y debidamente cualificada, renunciando a afirmaciones categóricas que la ciencia no puede sostener. Como señalan Woollacott et al. (2025), las opiniones sobre el momento del depósito de ADN deben formularse de forma probabilística —no como estimaciones precisas—, habida cuenta de la naturaleza inherentemente variable e incierta del proceso.

#### *Recuperación del ADN*

La recuperación engloba todos los procesos involucrados en la recogida de muestras biológicas del cuerpo humano o de las superficies de la escena del crimen, así como los procedimientos de extracción, cuantificación y amplificación del ADN en el laboratorio. La eficiencia de la recuperación puede verse condicionada por factores como el tipo de sustrato analizado, la técnica de recogida empleada (hisopos, cinta adhesiva, tubos capilares), el tiempo transcurrido entre la recogida y el análisis, y las condiciones de almacenamiento y transporte de las muestras (Woollacott et al., 2025). En el caso específico del análisis de ADN en zonas pilosas del cuerpo, el estudio incluido en la revisión de 2025 demostró que el método de hisopado con solución de dodecilsulfato sódico (SDS) al 0,5 % resultó el más eficaz para la recuperación de material biológico sin comprometer la integridad del ADN para el análisis posterior.

La elección de la técnica de recogida resulta especialmente crítica en el análisis de muestras mixtas provenientes de casos de agresión sexual, donde la escasa contribución del donante masculino se ve frecuentemente enmascarada por la abundante presencia de células epiteliales de la víctima. En este contexto, las técnicas de separación celular —como la extracción diferencial clásica, la microdissección por captura láser (Laser Capture Microdissection, LCM) y el sistema



DEPArray— han mostrado capacidades diferentes en cuanto a la detección y genotipado de espermatozoides, siendo el tiempo desde la relación sexual y las características individuales del donante factores estadísticamente significativos en los rendimientos obtenidos (Schulte et al., 2025). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de adoptar protocolos de recogida y análisis adaptados a las circunstancias específicas de cada caso, en lugar de aplicar procedimientos estandarizados de forma acrítica.

### **Interpretación a nivel de actividad**

La evaluación forense de la evidencia de ADN puede realizarse a diferentes niveles de proposición, de acuerdo con el esquema jerárquico consolidado en la práctica forense internacional. El nivel de fuente (source level) responde a la pregunta «¿Quién aportó el ADN?», mientras que el nivel de actividad (activity level) aborda la cuestión de «¿Cómo llegó ese ADN al lugar donde fue detectado?». La Comisión de ADN de la Sociedad Internacional de Genética Forense (ISFG) ha subrayado que la interpretación a nivel de actividad es la que mayor información aporta al tribunal, pues conecta directamente la evidencia genética con la hipótesis central del caso —el acto delictivo— mediante un análisis explícito de los mecanismos de transferencia y persistencia del ADN (Gill et al., 2020).

La adopción de la interpretación a nivel de actividad implica formular proposiciones contrapuestas que reflejan las hipótesis de acusación y defensa respectivamente, y asignar probabilidades condicionadas a la evidencia observada bajo cada una de estas hipótesis. El cociente entre ambas probabilidades condicionadas constituye la razón de verosimilitud (likelihood ratio, LR), que cuantifica el grado en que la evidencia apoya una hipótesis frente a la otra. Este enfoque, enraizado en el teorema de Bayes, representa el marco estadístico formalmente más correcto para la expresión de la opinión pericial forense, según las recomendaciones de organismos como el ISFG, la Red Europea de Institutos de Ciencias Forenses (ENFSI) y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de los Estados Unidos (NIST) (Stacey et al., 2025; Xu y Vinci, 2024).

La implementación práctica de la interpretación a nivel de actividad



exige la disponibilidad de datos empíricos sobre los cuatro factores DNA-TPPR en escenarios relevantes para el caso en cuestión. En ausencia de datos específicos, el perito debe recurrir a estimaciones basadas en la literatura científica disponible o en su experiencia acumulada, siempre con la debida transparencia y cualificación probabilística. Las redes bayesianas (Bayesian Networks, BN) han emergido como herramienta de modelización especialmente útil en este contexto, al permitir la representación gráfica de las relaciones condicionales entre variables y la propagación formal de la incertidumbre a lo largo de la cadena interpretativa (Onofri et al., 2023). El estudio publicado por Onofri et al. (2023) en la revista Genes ilustró la aplicación de redes bayesianas en la evaluación de la transferencia directa y secundaria de ADN de contacto sobre una tarjeta de crédito, demostrando la viabilidad y el valor añadido de este enfoque en casework.

A pesar de los avances teóricos y metodológicos, la adopción de la interpretación a nivel de actividad en la práctica forense real sigue siendo heterogénea a escala internacional. Un análisis reciente sobre el estado de implementación de la interpretación evaluativa a nivel de actividad constató que, aunque el marco conceptual está ampliamente aceptado en la comunidad científica, su traslado a la práctica de los laboratorios forenses nacionales presenta desafíos considerables en términos de formación del personal, disponibilidad de datos de referencia y aceptación por parte de los operadores jurídicos (Stacey et al., 2025). La estandarización de directrices internacionales —como las elaboradas por el OSAC en 2022 o las de la ENFSI— constituye, en este sentido, un paso necesario pero insuficiente si no se acompaña de inversión en formación y en investigación empírica.

## **Implicaciones médico-legales y criminológicas**

### *Delitos contra la libertad sexual*

El ámbito de los delitos de agresión sexual concentra algunas de las problemáticas interpretativas más complejas y sensibles del análisis de ADN corporal. La medicina legal ha desempeñado históricamente un papel central en la recogida y análisis de muestras biológicas en estos casos, y continúa siendo el eslabón fundamental en la cadena probatoria



que conduce desde el cuerpo de la víctima hasta la sala de vistas. En este contexto, la correcta comprensión de los factores DNA-TPPR resulta imprescindible para evitar tanto la sobreinterpretación de los hallazgos positivos como la infravaloración de los hallazgos negativos (Schulte et al., 2025).

La estimación del tiempo desde la última relación sexual (TSI) es una de las opiniones periciales que mayor impacto tienen en el juicio oral, pues puede contribuir decisivamente a corroborar o refutar la cronología alegada por las partes. Sin embargo, como señala la evidencia científica acumulada, esta estimación está sujeta a una variabilidad individual e intrínseca tan elevada que hace inviable cualquier afirmación categórica sobre el tiempo transcurrido. Las guías de práctica clínica desarrolladas por los servicios forenses de Irlanda, Australia y otros países anglosajones reconocen esta limitación y establecen rangos temporales probabilísticos en lugar de estimaciones puntuales, una práctica que debería extenderse a todos los sistemas forenses. Nittis et al. (2021) pusieron de relieve, además, que la calidad del frotis espermático —variable técnica que depende del momento y del operador que lo realiza— influye de manera estadísticamente significativa en la discriminación temporal posible, introduciendo un elemento de variabilidad técnica en un proceso ya de por sí incierto desde el punto de vista biológico.

Un problema adicional y de especial trascendencia criminológica es el denominado «ADN de relación preexistente», que se refiere a la posibilidad de que el ADN detectado en el cuerpo de la víctima proceda de relaciones sexuales consentidas anteriores al momento de la agresión denunciada. Esta circunstancia —que la literatura anglosajona denomina «prior consensual sexual activity»— puede confundir la interpretación forense y perjudicar tanto a la víctima como al investigado si no se tiene en cuenta de manera rigurosa y explícita en el análisis pericial (Magalhães et al., 2015). La implementación de protocolos de entrevista estructurados con la víctima en el momento de la exploración médico-forense, así como la recogida de información sobre la actividad sexual previa, resultan esenciales para contextualizar adecuadamente los hallazgos biológicos.



### *Riesgos de error judicial*

Más allá del ámbito de los delitos sexuales, el riesgo de error judicial asociado a la interpretación inadecuada de la evidencia de ADN es una preocupación creciente en los sistemas de justicia de todo el mundo. El fenómeno de la transferencia secundaria de ADN ha sido identificado como uno de los factores contribuyentes en casos de condena errónea, especialmente cuando el ADN de contacto es el único o principal elemento de cargo (Xu y Vinci, 2024). La revisión de literatura publicada por Sessa et al. (2023) sobre la transferencia indirecta de ADN concluye que el volumen de investigación sobre este fenómeno ha experimentado un crecimiento exponencial desde 2015, evidenciando la preocupación creciente de la comunidad científica por sus implicaciones probatorias.

En este sentido, el informe del National Registry of Exonerations de los Estados Unidos constató que, en el año 2022, 44 de los 233 casos de exoneración documentados implicaban evidencia forense falsa o engañosa, lo que pone de relieve la magnitud del problema (Xu y Vinci, 2024). La comunidad forense internacional ha respondido a este reto mediante el desarrollo de directrices y estándares interpretativos, como las publicadas en 2022 por el OSAC (Organization of Scientific Area Committees for Forensic Science) del NIST, que recomiendan expresamente la evaluación a nivel de actividad para perfiles de ADN de baja calidad o cantidad, y para casos en los que existe una expectativa razonable de presencia previa del ADN investigado (Stacey et al., 2025).

La formación de los operadores jurídicos —jueces, fiscales y abogados defensores— en los fundamentos de la interpretación probabilística de la evidencia genética se perfila, en este contexto, como una necesidad urgente. La razón de verosimilitud es un concepto estadístico que, comunicado de manera inadecuada, puede ser malinterpretado por el tribunal con consecuencias potencialmente graves para la equidad del proceso. Las ciencias forenses actuales sostienen que las probabilidades verbales deben acompañarse siempre de sus equivalentes numéricos para evitar ambigüedades interpretativas, tal como recomiendan explícitamente las directrices del ISFG (Roebuck, 2024).



## Discusión

El conjunto de la evidencia revisada en el presente artículo conduce a una conclusión central: la interpretación de la prueba de ADN en el ámbito forense y judicial exige, en el momento actual, una sofisticación conceptual y metodológica que va mucho más allá de la mera identificación de la fuente genética. Los cuatro factores DNA-TPPR —transferencia, prevalencia, persistencia y recuperación— constituyen una matriz de variables interrelacionadas cuya comprensión integral es imprescindible para emitir opiniones periciales rigurosas, equilibradas y científicamente válidas (van Oorschot et al., 2021).

En este marco, la revisión de Woollacott et al. (2025) representa una contribución particularmente valiosa al sistematizar el estado del conocimiento sobre estas cuatro dimensiones en el contexto específico del cuerpo humano, una superficie biológica compleja que presenta particularidades propias respecto a otras superficies inanimadas frecuentemente estudiadas en la literatura forense —tejidos, superficies duras, prendas de vestir—. La especificidad del análisis corporal resulta de especial relevancia para la medicina legal y la criminología, habida cuenta de que el cuerpo de la víctima y del sospechoso constituye, en muchos casos, la principal —y a veces la única— fuente de evidencia biológica disponible.

La discusión sobre los marcos interpretativos revela una tensión persistente entre el rigor epistemológico de la interpretación probabilística y las demandas de certeza que caracterizan a los sistemas judiciales. Los tribunales, habituados a recibir opiniones periciales en forma de afirmaciones categóricas, pueden mostrarse reacios ante la expresión de conclusiones en términos de razones de verosimilitud o probabilidades condicionadas. Esta brecha comunicativa entre la ciencia y el derecho exige un esfuerzo conjunto de pedagogía forense y de reforma de los estándares de admisibilidad de la prueba científica, que debe involucrar tanto a los profesionales de las ciencias forenses como a los operadores jurídicos y al legislador.

Desde la perspectiva de la investigación futura, el presente análisis identifica varias lagunas prioritarias. En primer lugar, la escasez de datos empíricos sobre la prevalencia de ADN ajeno en diferentes áreas



corporales en distintas poblaciones y contextos culturales limita la generalización de los conocimientos existentes. En segundo lugar, la heterogeneidad metodológica entre estudios —en términos de técnicas de recogida, extracción y análisis— dificulta la comparación y síntesis de los resultados. En tercer lugar, la investigación sobre los factores individuales que determinan el estatus de «donante» de ADN —shedder status— es aún insuficiente para permitir su integración formal en los modelos probabilísticos de uso rutinario en casework. Finalmente, el desarrollo y validación de herramientas computacionales de apoyo a la toma de decisiones —como las redes bayesianas especializadas en escenarios de agresión sexual— representa una línea de investigación prioritaria con un potencial impacto directo en la calidad de la justicia forense.

### Conclusiones

Las ciencias forenses se encuentran en un momento de transición paradigmática en lo que respecta a la interpretación de la evidencia de ADN. La creciente sensibilidad de las técnicas analíticas ha desplazado el eje del problema desde la detección hacia la interpretación, haciendo que la comprensión de los mecanismos de transferencia, prevalencia, persistencia y recuperación del ADN sea tan crucial como la obtención del perfil genético en sí misma. La revisión de Woollacott et al. (2025) cristaliza este cambio de perspectiva y proporciona un marco de referencia actualizado y sistemático para la práctica pericial en el contexto de la evidencia corporal.

Desde la perspectiva de la medicina legal, las conclusiones más relevantes atañen a la necesidad de cualificar probabilísticamente las estimaciones de tiempo desde la última relación sexual, de tener en cuenta el ADN de fondo y el ADN de relación preexistente como fuentes potenciales de confusión interpretativa, y de adoptar protocolos de recogida y análisis adaptados a las circunstancias específicas de cada caso. Desde la perspectiva criminológica, la evidencia acumulada subraya el riesgo real de error judicial asociado a la interpretación inadecuada del ADN de transferencia, y la necesidad imperativa de implementar marcos probabilísticos formalizados —razón de verosimilitud, redes bayesianas— en la práctica pericial rutinaria.



En definitiva, la fiabilidad científica y la equidad procesal de la prueba de ADN en el siglo XXI dependen de la capacidad de la comunidad forense para comunicar con rigor, transparencia y humildad epistemológica los límites y las posibilidades de la evidencia genética. Este imperativo ético y científico debe traducirse en inversión en formación especializada, en investigación empírica sobre los factores DNA-TPPR, en el desarrollo de herramientas probabilísticas validadas y en la reforma de los marcos normativos que regulan la admisibilidad y la valoración de la prueba forense en los sistemas judiciales contemporáneos.

### Referencias bibliográficas

- Fonneløp, A. E., Johannessen, H., Heen, G., Molland, K., & Gill, P. (2019). A retrospective study on the transfer, persistence and recovery of sperm and epithelial cells in samples collected in sexual assault casework. *Forensic Science International: Genetics*, 43, Article 102153. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.102153>
- Fonneløp, A. E., Ramse, M., Egeland, T., & Gill, P. (2017). The implications of shedder status and background DNA on direct and secondary transfer in an attack scenario. *Forensic Science International: Genetics*, 29, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.03.019>
- Gill, P., Hicks, T., Butler, J. M., Connolly, E., Gusmão, L., Kokshoorn, B., Morling, N., van Oorschot, R. A. H., Parson, W., Prinz, M., Schneider, P. M., Sijen, T., & Taylor, D. (2020). DNA commission of the International Society for Forensic Genetics: Assessing the value of forensic biological evidence – guidelines highlighting the importance of propositions. Part II: Evaluation of biological traces considering activity level propositions. *Forensic Science International: Genetics*, 44, Article 102186. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.102186>
- Graham, E. A. M., & Rutty, G. N. (2008). Investigation into “normal” background DNA on adult necks: Implications for DNA profiling of manual strangulation victims. *Journal of Forensic Sciences*, 53(5), 1074–1082. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00800.x>
- Hall, A., & Wickenheiser, R. A. (2024, September 26). *Touch DNA in activity level propositions: Was it a primary or secondary transfer?* [Conference presentation]. 35th International Symposium on Human Identification (ISHI 35), San Antonio, TX, United States. <https://www.ishinews.com/events/touch-dna-in-activity-level->



propositions-was-it-a-primary-or-secondary-transfer/

- Kokshoorn, B., Aarts, L. H. J., Ansell, R., Connolly, E., Drotz, W., Kloosterman, A. D., McKenna, L. G., Szkuta, B., & van Oorschot, R. A. H. (2018). Sharing data on DNA transfer, persistence, prevalence and recovery: Arguments for harmonization and standardization. *Forensic Science International: Genetics*, 37, 260–269. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.09.006>
- Magalhães, T., Dinis-Oliveira, R. J., Silva, B., Corte-Real, F., & Nuno Vieira, D. (2015). Biological evidence management for DNA analysis in cases of sexual assault. *The Scientific World Journal*, 2015, Article 365674. <https://doi.org/10.1155/2015/365674>
- McCrane, S. M., & Mulligan, C. J. (2024). An innovative transfer DNA experimental design and qPCR assay to identify primary, secondary, and tertiary DNA transfer. *Journal of Forensic Sciences*, 69(2), 618–630. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15444>
- Morrison, G. S. (2022). Advancing a paradigm shift in evaluation of forensic evidence: The rise of forensic data science. *Forensic Science International: Synergy*, 5, Article 100270. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2022.100270>
- Nittis, M., Cochrane, C., Hughes, R., & Franco, M. (2021). Preparing semen slides in cases of sexual assault: Do they who smear first smear best? *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 79, Article 102130. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2021.102130>
- Noël, S., Lagacé, K., Rogic, A., Granger, D., Bourgoïn, S., Jolicoeur, C., & Séguin, D. (2016). DNA transfer during laundering may yield complete genetic profiles. *Forensic Science International: Genetics*, 23, 240–247. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2016.05.004>
- Onofri, M., Altomare, C., Severini, S., Tammolini, F., Lancia, M., Carlini, L., Gambelunghe, C., & Carnevali, E. (2023). Direct and secondary transfer of touch DNA on a credit card: Evidence evaluation given activity level propositions and application of Bayesian networks. *Genes*, 14(5), Article 996. <https://doi.org/10.3390/genes14050996>
- Roebuck, H. (2024, June 1). *DNA wrongful conviction in 2024*. Law Society of Tasmania. <https://lst.org.au/dna-wrongful-conviction-in-2024/>
- Schulte, J., Egger, S., Kron, S., Scheurer, E., & Schulz, I. (2025). Evaluating novel and conventional cell-separation techniques for sexual assault investigations. *Journal of Forensic Sciences*, 70(5), 1704–1720.



<https://doi.org/10.1111/1556-4029.70131>

Sessa, F., Pomara, C., Esposito, M., Grassi, P., Cocimano, G., & Salerno, M. (2023). Indirect DNA transfer and forensic implications: A literature review. *Genes*, 14(12), Article 2153.

<https://doi.org/10.3390/genes14122153>

Stacey, J., Opperman, S., Curran, J. M., & Harbison, S. A. (2025). Current state and barriers to global adoption of forensic evaluative reporting of findings given activity-level propositions. *Science & Justice*, 65(6), Article 101336. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2025.101336>

Taylor, D., & Kokshoorn, B. (2023). *Forensic DNA trace evidence interpretation: Activity level propositions and likelihood ratios*. CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9781003273189>

van Oorschot, R. A. H., & Jones, M. K. (1997). DNA fingerprints from fingerprints. *Nature*, 387(6635), 767. <https://doi.org/10.1038/42838>

van Oorschot, R. A. H., Meakin, G. E., Kokshoorn, B., Goray, M., & Szkuta, B. (2021). DNA transfer in forensic science: Recent progress towards meeting challenges. *Genes*, 12(11), Article 1766. <https://doi.org/10.3390/genes12111766>

van Oorschot, R. A. H., Szkuta, B., Meakin, G. E., Kokshoorn, B., & Goray, M. (2019). DNA transfer in forensic science: A review. *Forensic Science International: Genetics*, 38, 140–166. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.10.014>

Woollacott, C., Goray, M., van Oorschot, R. A. H., & Taylor, D. (2025). The transfer, prevalence, persistence, and recovery of DNA from body areas in forensic science: A review. *Forensic Sciences*, 5(1), Article 9. <https://doi.org/10.3390/forensicsci5010009>

Xu, X., & Vinci, G. (2024). Forensic science and how statistics can help it. *WIREs Computational Statistics*, 16(5), Article e70006. <https://doi.org/10.1002/wics.70006>