

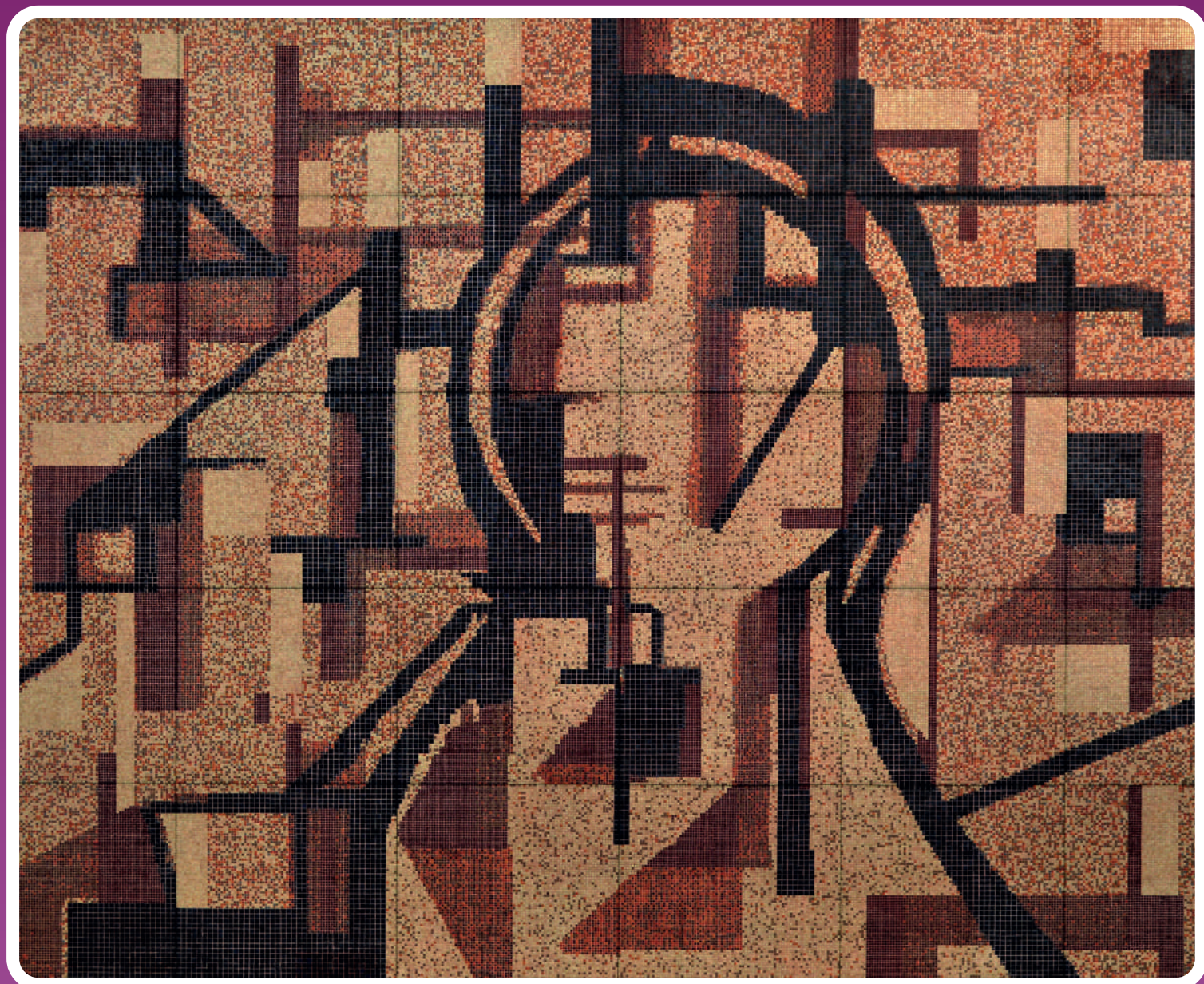
RECIF

Año 5 No. 1



REVISTA DIGITAL DE
CIENCIA FORENSE

ISSN: 3061-7588



MURAL: LA RAZÓN DEL HOMBRE Y EL CUERPO HUMANO, AUTOR: GABRIEL MACOTELA



REVISTA DIGITAL DE CIENCIA FORENSE



ESCUELA NACIONAL DE
CIENCIAS FORENSES
UNAM

Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Directora

Dra. Zoraida García Castillo

Secretaria General

Dra. Ana María Sosa Reyes

Editor General

Dr. Vicente Torres Zúñiga

Consejo editorial

Dra. Zoraida García Castillo, Dra. María Elena Bravo Gómez, Dr. Vicente Torres Zúñiga,
Dra. Alexa Villavicencio Queijeiro, Dra. Anahy Rodríguez González.

REVISTA DIGITAL DE CIENCIA FORENSE,

Año. 5, No. 1, abril 2026 - septiembre 2026. Publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses (ENaCiF), Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Col. Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Teléfono 56-23-23-00 ext. 24210, <http://recif.unam.mx/>, correo electrónico: recif@enacif.unam.mx.

Editor responsable: Dr. Vicente Torres Zúñiga. Certificado de Reserva de Derechos al uso exclusivo No. 04-2023-101812092200-102, ISSN 3061-7588. Responsable de la última actualización de este número: Dr. Vicente Torres Zúñiga, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Col. Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación 30 de abril de 2026.

La responsabilidad de los textos publicados en Revista Digital de Ciencia Forense recae exclusivamente en las personas autoras y su contenido no refleja necesariamente el criterio de la Institución. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

Producción editorial: Vicente Torres Zúñiga

Diseño y maquetación: Vicente Torres y Reyes
Farfán Sánchez

Portal Web: Diego Uriel Álvarez Almanza y Vicente
Torres Zúñiga

Diseño de portada: Emir Romero Borboya.

Fotografía: Gabriela Ochoa Rivera

Diseño de logo de la revista: Emir Romero
Borboya.

ÍNDICE

- a** Editorial
- 1** Análisis forense de memoria RAM como evidencia digital en delitos comunes: simulación de peculado en Ecuador
Vaca Belalcázar Henry Santiago.
- 15** Propuesta de inclusión de registros odontológicos en el Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad (SIBIOS). Fundamentos y perspectivas futuras
Briem Stamm Alan Diego, Clarisa Yanina Gómez.
- 27** La importancia de las bases de datos en la ciencia forense: el caso de la comparación forense de voz y la población de referencia en el cálculo del LR
López-Escobedo Fernanda, Martínez Sánchez Julio César, Huerta-Pacheco N. Sofía.
- 41** Embarazo ectópico tubárico de segundo trimestre: diagnóstico post-mortem e implicaciones médico-legales
Martínez Gómez José Steven.
- 47** Perfil de mortalidad médico-legal en la región central de Oaxaca: Un análisis transversal
Holz Franziska, Fonseca-Muñoz Alicia, Verástegui Omaña Yara, Ruiz Bustillos Olga Amalia, Mayoral Vásquez Jaime Alfonso, Birngruber Christoph Gerhard.

EDITORIAL

Año 5, Número 1

El papel de la prueba pericial científica y técnica en el sistema de justicia mexicano actual ha impulsado el puente de comunicación entre las ciencias con los espacios jurídicos, en los que las partes del proceso —fiscalías, defensores, víctimas y juzgadores— deben poder comprender los aportes de cada disciplina para el esclarecimiento de los hechos y la determinación de la existencia de la responsabilidad jurídica, en cada caso.

En ese sentido, la ciencia forense ha transitado de la experiencia individual o grupal de las personas expertas a la validación empírica y la mejora de las metodologías de estudio sobre aquellos objetos de interés forense que se controvierten dentro del proceso, impulsando la reducción de sesgos cognitivos y errores en la toma de decisiones judiciales al incorporar elementos de probanza que cumplen con el estándar de prueba consistente en establecimiento de la culpabilidad más allá de toda duda razonable.

En ese contexto, una herramienta para la mitigación de errores y el fortalecimiento de metodologías es el desarrollo de bases de datos forenses, lo que se ha convertido en una tarea fundamental de la actividad científica que encuentra en ellas una herramienta para la estandarización de protocolos de actuación, la reproductibilidad de resultados, la transparencia en el manejo de la información y la reducción de errores en la información que es motivo de escrutinio.

En el campo forense existen diversos tipos de bases de datos, las cuales depende en gran medida del material probatorio que será analizado, el área de conocimiento y el objetivo de análisis de la información obtenida. Dentro del sistema de justicia penal, las bases de datos forenses se han empleado de manera sistemática para casos centrados en la identificación de personas, proveen conocimiento que permite determinar la vinculación de una persona a una conducta delictiva, analizar la criminalidad en diversos espacios e identificar líneas de investigación y mecanismos de prevención del delito.

La Revista Digital de Ciencias Forenses (ReCiF), abre el año 2026 con una publicación de cinco artículos que se aproximan a la necesidad de las bases de datos y la recopilación de información desde aspectos innovadores en diversas áreas de la ciencia forense: la medicina forense, el análisis de voz, la odontología forense y el análisis digital de información.

En el artículo, “Análisis forense de memoria RAM como evidencia digital en delitos comunes: simulación de peculado en Ecuador”, se centra en el análisis forense de la memoria RAM en delitos diversos que impliquen componentes tecnológicos en su comisión en el contexto de la investigación forense en Ecuador; en él se aborda la importancia de la recuperación de evidencia digital volátil que debe registrarse para integrar una base de información diversa que puede llegar a convertirse en evidencia clave en la comisión de ciberdelitos.

En el texto “Propuesta de inclusión de registros odontológicos en el Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad (SIBIOS). Fundamentos y perspectivas futuras”, se presenta un trabajo de investigación realizado en la República Argentina que analiza la utilidad de la inclusión de los registros odontológicos en los sistemas biométricos que contribuyen a la resolución de las investigaciones forenses como alternativa en aquellos casos en los que, el deterioro del cuerpo hace difícil otras formas de identificación.

El artículo “La importancia de las bases de datos en la ciencia forense: el caso de la comparación forense de voz y la población de referencia en el cálculo del LR”, analiza la importancia de la existencia de bases de datos en el ámbito forense, puntualmente la integración de corpus orales que permitan la razón de verosimilitud como herramienta interpretativa. En este caso, las bases de datos para comparación forense permiten la estandarización de resultados y en ese sentido, se fortalece el material probatorio que puede aportarse a lo largo del proceso judicial.

En el texto “Embarazo ectópico tubárico de segundo trimestre: diagnóstico *post-mortem* e implicaciones médico-legales”, se analiza la ausencia de datos que se integran en la necropsia en casos de muertes maternas súbitas por embarazo ectópico tubárico, los cuales deben ser registrados de forma exhaustiva para diferenciarlo de otras posibles causas de muerte que puedan o no ser de interés forense; en este caso, el manuscrito aborda la necesidad del cruce de información en diversos registros clínicos para poder realizar un análisis integral en casos complejos y excepcionales de muerte materna súbita.

El último artículo de este número, “Perfil de mortalidad médico-legal en la región central de Oaxaca: Un análisis transversal”, se aborda la importancia de los sistemas de vigilancia epidemiológica sobre la mortalidad violenta por hechos de tránsito, violencia armada y suicidio en el estado de Oaxaca, lo que permitiría incidir en el desarrollo de políticas públicas para la prevención efectiva y focalizada, identificando estrategias de mitigación de las causas estructurales de mortandad abordadas en el texto.

Con estos trabajos, la ReCiF presenta a nuestros lectores este nuevo número, en su quinto año de existencia y refrenda su compromiso con el fortalecimiento de las herramientas que ayuden a incrementar el estándar técnico-científico de las ciencias forenses y la confiabilidad en los datos que estas proporcionan para la resolución de problemáticas jurídico-sociales.

La ReCiF tiene como objetivo ser un espacio de discusión académica, en constante cambio y transformación, que promueve la divulgación del conocimiento innovador en el campo forense, para poder incidir en las causas sociales que son la razón de ser de la Universidad.

Les invitamos siempre a contribuir con este lugar de encuentro e intercambio de conocimiento.

Dra. Anahy Rodríguez González
Comité Editorial
Revista Digital de Ciencia Forense (ReCiF)

Análisis forense de memoria RAM como evidencia digital en delitos comunes: simulación de peculado en Ecuador

Vaca Belalcázar Henry Santiago¹✉,

¹Especialización en Informática Forense, Universidad Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomás de Aquino (FASTA), Gascón 3145, (B7600FNK) Mar del Plata. Buenos Aires, Argentina.

✉ santyv_01@hotmail.com

Datos del artículo

Cita

Vaca Belalcázar H.S.
Análisis forense de memoria RAM como evidencia digital en delitos comunes: simulación de peculado en Ecuador. ReCiF. 2026;(1):1-14.

Editor

Julio César Martínez Sánchez

Revisión por pares

Dos

Recibido

4/julio/2025

Aceptado

25/noviembre/2026

Publicado

30/abril/2026

Creative Commons CC-BY-NC-SA 4.0 Internacional

Resumen

En Ecuador, entre 2020 y 2024 se registraron 8.724 denuncias por ciberdelitos, de las cuales únicamente se reportan 82 detenciones, lo que representa una tasa de efectividad del 0.94%. Esta cifra genera preocupación social y plantea serios cuestionamientos en torno a la capacidad investigativa del estado. En este contexto, se presenta el análisis forense de memoria RAM como una técnica ampliamente utilizada para la investigación de delitos informáticos, pero subutilizada en la pericia de delitos comunes con componentes tecnológicos. El objetivo de este artículo es precisamente determinar la importancia de dicho análisis en la investigación criminal, a partir de una simulación del delito de peculado en un entorno controlado. Para lo cual, se aplicó una metodología cualitativa-exploratoria basada en tres volcados de memoria con distinto nivel de sobrescritura, tiempo de acción y estado de aplicaciones. Los resultados evidencian la recuperación de mensajes, archivos, datos de navegación, así como la construcción de una línea de tiempo que vincula evidencias digitales con usuarios. Estos hallazgos demuestran que el análisis forense de memoria RAM aporta evidencias útiles en este tipo de delitos, lo que podría contribuir a mejorar la eficacia de la justicia penal ecuatoriana.

Palabras clave: informática forense, análisis forense, memoria RAM, peculado, *volatility*, admisibilidad legal.

Abstract

In Ecuador, between 2020 and 2024, 8.724 cybercrime reports were filed, of which only 82 arrests were reported, representing a 0.94% effectiveness rate. This figure generates social concern and raises serious questions about the state's investigative capacity. In this context, forensic RAM analysis is presented as a widely used technique for investigating cybercrimes, but underutilized in common crimes with technological components. The objective of this article is precisely to determine the importance of such analysis in criminal investigations, based on a simulation of the crime of embezzlement in a controlled environment. To this end, a qualitative-exploratory methodology was applied based on three memory dumps with different levels of overwriting, duration of action, and application status. The results show the recovery of messages, files, browsing data, as well as the construction of a timeline linking digital evidence to users. These findings demonstrate that forensic analysis of RAM provides useful evidence in these kinds of crimes, which could contribute to improving the effectiveness of Ecuadorian criminal justice.

Key words: digital forensics, forensic analysis, RAM memory, embezzlement, *Volatility*, legal admissibility

Introducción

La digitalización ha transformado las dinámicas sociales, económicas y gubernamentales, aportando eficacia, automatización y desarrollo. No obstante, este avance ha traído consigo también importantes desafíos: el acceso remoto, el anonimato y la sofisticación de estrategias criminales han expandido no solo los ciberdelitos, sino también la planificación y ejecución de delitos comunes apoyados por tecnologías de la información y comunicación (TIC).

En el Ecuador, según el boletín de análisis de ciberdelincuencia del Ministerio del Interior de la nación, entre 2020 y 2024 se reportaron 8.724 ciberdelitos de los cuales solo se han efectivizado 82 detenciones, es decir una tasa de eficacia del 0.94%. Esta cifra visibiliza la limitada capacidad del estado para investigar delitos tecnológicos (1). Por otra parte, según datos internos oficiales de la Dirección Nacional de Investigación Técnico Científico Policial (DINITEC)¹, las pericias informáticas se incrementaron de 1.956 en 2019 a 6.617 en 2024. Estas pericias en su mayoría se concentran en delitos comunes como: tráfico de drogas (2.267), peculado (1.303) y asesinato (1.148), lo que evidencia que actualmente los delitos comunes requieren cada vez más de análisis digital. No obstante, estas experticias se enfocan casi exclusivamente en la evidencia digital no volátil como dispositivos de almacenamiento externo, relegando el análisis de evidencia volátil como la contenida en la memoria RAM.

En este escenario, la informática forense se consolida como una disciplina clave para el sistema judicial, al aplicar una metodología científica destinada a la identificación, adquisición, análisis y preservación de evidencia digital que podría resultar clave en procesos judiciales (2). Dentro de sus múltiples técnicas, la memoria RAM constituye una fuente única de evidencia: almacena procesos activos, claves de sesión, archivos temporales y conexiones de red que desaparecen al apagar el sistema, haciendo su análisis esencial para reconstruir eventos en tiempo real (3).

A nivel internacional, el análisis forense de memoria RAM ha demostrado ser fundamental en fraudes financieros, phishing y secuestro de códigos 2FA, herramientas como Volatility2 y FTK Imager3 (Forensics Toolkit Imager) permitieron recuperar credenciales robadas, sesiones activas y registros efímeros que demostraron el flujo del delito (4–6). En extorsiones digitales y ataques con ransomware como Conti, la RAM fue clave para obtener claves de cifrado eliminadas y reconstruir conversaciones volátiles en plataformas como WhatsApp Web (7,8). Incluso llamadas VoIP han sido analizadas con éxito al recuperar paquetes de voz e identificadores de sesión no almacenados en servidores (9).

Las redes sociales también han sido utilizadas como escenario del delito, y la memoria RAM permitió acceder a pruebas que de otro modo habrían sido irrecuperables. En Twitter, se recuperaron publicaciones eliminadas y credenciales activas vinculadas a discursos de odio (10), mientras que en Facebook se identificaron anuncios borrados relacionados con tráfico ilegal de órganos (11,12). A su vez, en accesos no autorizados a dispositivos y cuentas digitales —como WhatsApp Desktop, correos electrónicos y teléfonos móviles— se logró extraer desde la RAM archivos cifrados, claves de sesión y credenciales temporales, fortaleciendo la imputación penal (13–15).

¹ Los datos citados de DINITEC corresponden a estadísticas internas oficiales de gestión pericial, entregadas al autor —miembro activo de la Policía Nacional del Ecuador— mediante comunicación institucional autorizada. Estos registros no se encuentran publicados en medios de acceso abierto por su naturaleza operativa.

² Herramienta de análisis forense de memoria RAM, utilizada para extraer procesos activos, conexiones y artefactos digitales volátiles.

³ Software que permite capturar imágenes forenses de discos y memoria RAM, preservando la integridad digital mediante funciones hash.

Incluso en delitos de alta complejidad tecnológica, como sabotajes industriales o evasión de localización en smartphones con GPS desactivado, el análisis de memoria RAM ha resultado decisivo. En sistemas robotizados, se identificaron comandos maliciosos en ejecución mediante LIME⁴ (*Linux Memory Extractor*) y Volatility, y en móviles se reconstruyeron ubicaciones a partir de datos Wi-Fi temporales, aportando evidencia fundamental en casos de crimen organizado (16,17).

En el Ecuador, el trabajo de Montesinos Abad (18) constituye el único antecedente encontrado sobre el uso de memoria volátil con fines investigativos. En este estudio se aplicaron herramientas como Volatility, FTK Imager y Autopsy⁵ en un caso simulado de delito informático, específicamente relacionado con la filtración de bases de datos empresariales. El autor demostró que el análisis forense de memoria RAM permitió acceder a procesos activos, claves temporales y conexiones de red que no se registran de forma persistente. Estos resultados evidencian el valor de esta técnica en contextos investigativos nacionales, incluso tratándose de un entorno simulado.

A partir de la literatura revisada, se revelan al menos dos limitaciones importantes: en primer lugar, los estudios se centran en escenarios puramente digitales, sin extender su aplicación a delitos del derecho penal común, como lo es el peculado. En segundo lugar, privilegian el componente técnico sobre los aspectos jurídicos, dejando de lado desafíos como la integridad de la evidencia, la cadena de custodia y su admisibilidad en juicio.

Frente a esta brecha, el presente estudio, de enfoque cualitativo, exploratorio y aplicado, no solo busca replicar procedimientos técnicos ya conocidos, sino abrir un campo de aplicación innovador: demostrar, mediante una simulación controlada de delito penal común (peculado), que el análisis de memoria RAM puede expandir el potencial probatorio de las investigaciones criminales en entornos donde, hasta ahora, no ha sido considerado como son los delitos comunes con componentes tecnológicos.

Metodología

Diseño del estudio y enfoque metodológico

El estudio se desarrolló mediante un enfoque cualitativo, exploratorio y aplicado, enfocado en evaluar el análisis forense de memoria RAM como técnica útil para la investigación de delitos del derecho penal común, específicamente el peculado⁶. Ante lo cual, se aplicó el método de simulación controlada, una técnica validada en disciplinas como la informática forense y ciberseguridad (19), que permite replicar escenarios delictivos de manera segura, consistente y técnicamente verificable.

El objetivo central de esta metodología fue observar la persistencia y recuperabilidad de trazas digitales volátiles en contextos simulados de comisión de delito, incluso después de intentos deliberados de eliminación superficial de evidencias.

⁴ Módulo de kernel que permite la adquisición forense de memoria RAM en sistemas Linux, generando volcados en formato raw o ELF sin alterar significativamente el sistema analizado.

⁵ Herramienta forense digital de código abierto que permite analizar discos duros y dispositivos extraíbles, facilitando la recuperación de archivos, metadatos y rastros de actividad en investigaciones criminales.

⁶ El peculado, tipificado en el artículo 278 del COIP, consiste en que un servidor público sustrae o utiliza indebidamente fondos o bienes que administra por razón de su cargo, en beneficio propio o de terceros.

Caso simulado: peculado con uso de TIC

La elección del delito de peculado responde a su alta prevalencia en el contexto ecuatoriano, según datos internos oficiales de la DINITEC, donde figura como la segunda tipología delictiva más periciada entre 2020 y 2024. Aunque este tipo de delitos han ido en aumento, no se han encontrado antecedentes que denoten el uso del análisis forense de memoria volátil como prueba en investigaciones de esta naturaleza. Esto pone en evidencia una brecha, tanto en el ámbito metodológico como en el legal.

Para explorar esta posibilidad, el estudio desarrolló una simulación basada en un caso de peculado, que busca replicar las acciones digitales fraudulentas de un funcionario público. La intención fue comprobar si, incluso luego de intentos por borrar rastros, la memoria RAM puede conservar información clave para una investigación penal.

Diseño del escenario simulado

La simulación se desarrolló en un entorno virtual creado en *VirtualBox*, configurado con Windows 10 x64, 8 GB de RAM, y un disco duro virtual de 50 GB. Se instalaron y utilizaron aplicaciones que por sus características técnicas facilitan la configuración de escenarios realistas de ocultamiento de evidencia: WhatsApp Desktop (no guarda mensajes en el disco local), Telegram (permite mensajes autodestructivos), Signal (ofrece mensajes temporales), WordPad, Microsoft Edge y Gmail.

Durante la jornada simulada, un funcionario ficticio implicado en actos de peculado ejecutó una serie de acciones diseñadas para reflejar una conducta delictiva típica con apoyo digital. Entre ellas:

Envío de mensajes incriminatorios:

- WhatsApp Web: “Hola loco”, “te paso el documento”, “ya sabes qué hacer”, “justificar de cualquier forma” (adjuntando *gastos_presentados.rtf*).
- Signal: “Hola”, “te mandé el archivo por whata”, “ya sabes qué hacer”; respuesta: “lo hago de inmediato” (incluyendo un audio).
- Telegram: “borra todo”, “de los otros también” (junto a dos imágenes *.jpg*).
- Gmail: “Pilas”, con el documento *gastos_presentados.rtf* como adjunto.

Navegación web en sitios asociados a actividades sospechosas:

- Guías sobre como enviar mensajes temporales en Signal.
- Manuales para gestión de transacciones fraudulentas (Stripe).
- Página oficial del Ministerio de Finanzas del Ecuador.

Modificación de documentos:

- Edición del archivo *gastos_presentados.rtf* en WordPad.

Captura de memoria RAM y escenarios temporales

Para evaluar la persistencia de artefactos en distintos contextos de sobrescritura digital, se realizaron tres volcados de memoria RAM en diferentes momentos:

Escenario	Estado aplicaciones	Tiempo desde la acción	Nivel de sobrescritura	Objetivo forense
Volcado 1	Todas las apps abiertas y en uso	Inmediato	Nulo	Capturar la máxima densidad de evidencia en RAM
Volcado 2	Eliminados mensajes y documentos, apps aún abiertas	10 minutos	Bajo	Evaluar persistencia tras intento superficial de borrado
Volcado 3	Todo cerrado, usuario ejecuta nuevas tareas	30 minutos	Moderado	Simular ocultamiento con sobrescritura activa y ver recuperación residual

Tabla 1. Caracterización técnica de los escenarios de volcado de memoria

Metodología de análisis forense



Figura 1. Proceso de análisis forense de memoria RAM

Resultados

Se realizaron tres volcados de memoria RAM en distintos momentos del ciclo de uso del sistema, simulando variaciones en el grado de sobrescritura y persistencia de evidencia digital. A continuación, se sintetizan los resultados obtenidos.

Escenario 1: captura con todas las aplicaciones abiertas

Este volcado se realizó con todas las aplicaciones activas y sin procedimientos previos de cierre o eliminación. Fue el entorno más fértil para la recuperación de evidencia volátil.

Tipo de Evidencia	¿Recuperada?	Fragmentos recuperados	Observación técnica breve
WhatsApp Web (Edge) – Mensajes	Completa	"ya sabes que hacer", "Hola loco", "justificar de cualquier forma", "te paso el documento,	Mensajes completos recuperados de <i>buffers</i> ⁷ y caché del navegador.
WhatsApp Web (Edge) – Archivo .rtf adjunto	No recuperado	–	No se hallaron rutas de archivo ni buffers activos en RAM
Signal – Mensajes	Parcial	"ya sabes que hacer", "lo hago de inmediato", "Hola"	Fragmentación del <i>heap</i> ⁸ o cifrado en memoria impidieron recuperar el texto completo.
Signal - Audio enviado	No recuperado	–	No se halló ni el buffer de reproducción ni el archivo temporal en heap.
Telegram – Imágenes	No recuperadas	–	Referencias visualizadas con <i>filesCAN</i> , pero los <i>dump</i> ⁹ fallaron.
Telegram – Mensajes	Completo	"borra todo", "De los otros tambien", "Si de una", "ya se la vuelta"	Persistencia completa en heap por sesión activa.
WordPad	Completo	Contenido RTF completo, encabezado + cuerpo: "gastos presentados"	Documento abierto, sin cierre ni modificación posterior.
Documento enviado	Completo	"gastos presentados.rtf"	Recuperado con estructura íntegra.
Actividad en navegador	Completa	"www.finanzas.gob.ec", "www.stripe.com", "www.support.signal.org"	Actividad visible en RAM y estructura <i>HTTP/WebSocket</i> intacta.

Tabla 2 Resultados del volcado 1

Este escenario representa la condición óptima para una pericia digital basada en memoria RAM. La integridad de los mensajes y del documento .rtf, sumada a la recuperación completa de la actividad

⁷ Zonas temporales de almacenamiento utilizadas por el sistema para gestionar datos en tránsito.

⁸ Segmento dinámico de la memoria RAM utilizado por los programas para almacenar datos temporales en tiempo de ejecución.

⁹ Volcado de memoria.

de navegación, demuestra que una captura inmediata posibilita reconstrucciones completas y robustas de los eventos. Esto justifica la inclusión del análisis RAM en protocolos iniciales de intervención en delitos con componentes digitales.

Escenario 2: cierre de aplicaciones y eliminación superficial

Tras el cierre de sesiones y la eliminación manual de mensajes, se realizó la segunda captura sin reinicio del sistema ni herramientas de limpieza. El volumen y calidad de la evidencia disminuyeron sensiblemente:

Tipo de Evidencia	¿Recuperada?	Fragmentos recuperados	Observación técnica breve
WhatsApp Web (Edge)	Parcial	"Hola loco", "justificar de cualquier"	Algunos mensajes persistieron en buffers cerrados, aunque incompletos.
Signal – Mensajes	Parcial	“Hola” y "lo hago de inmediato"	Fragmentación en heap o cifrado de sesión impidieron recuperación completa."
Signal – Audio	No recuperado	–	La ausencia total de buffers sugiere que el archivo de audio fue cargado brevemente y liberado antes del volcado.
Telegram – Imágenes	No recuperadas	–	Direcciones virtuales inservibles o sobreescritas.
Telegram - Mensajes	Parcial	“Borra todo” y “Si de una”	Persistencia mínima en <i>strings</i> ¹⁰ , sin respaldo binario.
WordPad	Incompleto	Solo encabezado: "gastos presentados.rtf"	El documento cerrado genera fragmentación, pérdida del cuerpo del texto.
Actividad en navegador	Fragmentaria	"web.whatsapp.com" (sin más contexto)	Pérdida de conexiones activas y tokens de sesión.

Tabla 3. Resultados del volcado 2

Aunque se observaron pérdidas sustanciales de evidencia, la permanencia de fragmentos textuales revela que eliminar archivos o cerrar sesiones no garantiza el borrado de datos volátiles. En este escenario la memoria RAM ha probado ser un recurso útil para reconstruir, aunque sea de manera limitada, el comportamiento digital del usuario. Este tipo de resultados adquieren especial importancia en estudios que buscan mostrar comportamientos de ocultación o consolidar pistas ya existentes a través de señales residuales.

¹⁰ Comando de análisis forense que permite localizar y extraer cadenas de texto legibles dentro de archivos binarios o volcados de memoria, facilitando la recuperación de datos ocultos o fragmentarios.

Escenario 3: sobrescritura inducida por uso posterior

En este escenario, se representó una circunstancia donde el usuario intentó eliminar toda evidencia: se cerraron las aplicaciones empleadas, se eliminaron archivos y se empezó a usar el equipo con otras herramientas antes de efectuar el volcado de memoria. Esta disposición facilitó la observación de los efectos de la sobrescritura provocada por el uso subsiguiente y su influencia en la conservación de los datos originales.

Tipo de Evidencia	¿Recuperada?	Ejemplos de fragmentos recuperados / Estado	Observación técnica breve
WhatsApp Web (Edge)	Fragmentaria	"documento", "Hola loco", sin orden ni sesión activa	Persisten cadenas Unicode aisladas. No hay estructura de conversación o trazas web intactas.
Signal – Mensajes	Parcial	"Ya sabes que hacer", "Hola", sin metadatos visibles	Fragmentos dispersos sin procesos o buffers identificables. Memoria parcialmente sobrescrita.
Signal – Audio	No recuperado	–	Archivo no se detectó ni en filescan ni con extracción dirigida. Posible sobrescritura total.
Telegram – Imágenes	No recuperadas	–	Ninguna imagen visible por binwalk, strings ni file. Probable liberación de memoria.
Telegram – mensajes	Parcial	“borra”	Persistencia residual en heap; sin respaldo estructural ni metadatos
WordPad	No recuperado	–	Documento completamente ausente. Fragmentación extensa. No hay encabezado.
Documento enviado por Gmail	No recuperado	–	Ningún rastro del envío ni del archivo, pese a haberse enviado por navegador.
Actividad en navegador	Mínima	"finanzas.gob.ec", sin estructura de navegación	Fragmentos aislados de cadenas, sin cookies, historial ni buffers activos.

Tabla 4. Resultados del volcado 3

La sobrescritura operativa —sin herramientas específicas de borrado seguro— fue suficiente para destruir prácticamente toda la evidencia estructurada. Solo restaron fragmentos desconectados de texto sin sentido. Esto demuestra que el tiempo es un elemento crucial en la cadena de custodia digital y que los procesos forenses deben dar prioridad a las intervenciones iniciales para optimizar el potencial de prueba de la RAM.

Línea de tiempo forense

La línea de tiempo se desarrolló a partir del Volcado 1, reconstruyendo de manera cronológica las acciones fundamentales efectuadas por el usuario. Para determinar la secuencia de sucesos, se utilizaron marcas de tiempo recuperadas, fragmentos de mensajes y rutas de archivo.

Fecha	Hora	Plataforma	Contenido extraído	Contacto / Usuario
2025-04-06	—	WhatsApp Web	“Hola loco”	—
2025-04-16	03:05	WhatsApp Web	Sesión activa	+5491140382914
2025-04-25	13:24:14	Signal	“Mensaje de voz” enviado	+541157522791
2025-04-25	13:37:03	WhatsApp Web	“Ya sabes que hacer”	<u>91140382918@c.us</u> / Amor arXXXa
2025-04-25	—	WhatsApp Web	“Te paso el documento”	—
2025-04-25	—	WhatsApp Web	Ruta de archivo: <i>gastos_presentados.rtf</i>	Usuario local: santy
—	—	Telegram	“Borra todo”, “Ahorita borro”	—
—	—	Telegram	“Ya se la vuelta”	—

Tabla 5. Línea de tiempo forense extraída de la memoria RAM

La reconstrucción de la línea de tiempo desde la memoria RAM permite no solo establecer el orden secuencial de los eventos, sino **vincular directamente a usuarios y contactos específicos mediante identificadores únicos**. La aparición de números telefónicos internacionales (códigos +54, Argentina) y dominios de mensajería encriptada como *c.us* sugiere **una posible red transnacional de apoyo logístico o de complicidad**, abriendo hipótesis investigativas sobre el alcance y coordinación del delito. Así mismo, frases como “ya sabes qué hacer” y “borra todo” refuerzan señales de **dolo, premeditación e intento de ocultación**. Este tipo de evidencia digital de carácter volátil, complicada de seguir tras la clausura de las aplicaciones, constituye un recurso esencial para sustentar líneas de investigación penal complejas, particularmente en crímenes financieros con repercusiones internacionales.

Discusión:

Aspecto técnico: resultados, valor judicial y comparación con estudios previos

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los tres volcados de memoria RAM permiten confirmar la utilidad práctica de esta técnica en el contexto de una investigación por peculado, un delito común con componentes digitales. A diferencia de la mayoría de los estudios revisados en el estado del arte, donde el análisis de RAM se ha aplicado predominantemente en delitos informáticos como fraude electrónico, suplantación de identidad o ransomware (3,5,6), esta investigación se enfocó en un escenario no tradicional: un delito económico con intercambio de comunicaciones y documentos a través de mensajería y correo electrónico. Esta aplicación representa una contribución importante al debate técnico y metodológico, al demostrar que el análisis forense de memoria RAM puede superar el ámbito puramente cibernético.

Los hallazgos del volcado 1 mostraron una alta capacidad de recuperación de evidencia digital: se consiguió obtener mensajes íntegros de WhatsApp Web, textos fragmentados de Signal, un documento *.rtf* totalmente íntegro y la actividad web del navegador. Este patrón concuerda con lo indicado por Estupiñán Londoño y colaboradores (20), quienes enfatizan que la RAM guarda procesos, archivos y

conexiones activas, facilitando la reconstrucción de eventos relevantes. Sin embargo, incluso en estas condiciones óptimas, no se lograron recuperar los archivos binarios de audio ni las imágenes enviadas por Telegram. Este comportamiento técnico coincide con lo observado en varios casos del estado del arte (7,8), donde elementos como medios multimedia presentan una volatilidad más alta o sufren liberación rápida de memoria al cerrarse la aplicación o tras el envío.

En los volcados 2 y 3, tras el cierre de las aplicaciones y el uso continuado del sistema, se observó una pérdida progresiva de evidencia: mensajes incompletos, ausencia de archivos, fragmentación de strings y desaparición de estructuras clave. Este comportamiento confirma lo planteado por Osborne (2) sobre los desafíos técnicos que implica la gestión dinámica de la RAM, particularmente cuando interviene sobrescritura por uso prolongado. La fragmentación o ausencia de buffers en estos escenarios revela también los límites de la técnica, y deja claro que el éxito del análisis forense depende de una captura oportuna y de un entorno técnico controlado, como lo exigía la simulación.

Por otro lado, la construcción de la línea de tiempo a partir del volcado 1 constituye una herramienta de valor estratégico. Este recurso permitió vincular frases clave, fechas, usuarios, teléfonos y nombres de archivos, creando una narrativa cronológica de las acciones del usuario simulando el delito. En contraste con estudios como el de Rido y Fachri (4), que se enfocan en evidencias puntuales, esta investigación demuestra que la RAM puede ser utilizada no solo para extraer fragmentos, sino para generar una base sólida de reconstrucción fáctica, útil en el desarrollo de hipótesis investigativas, órdenes de allanamiento, o interrogatorios. Su valor como guía para judicialización es, por tanto, concluyente y metodológicamente sustentado.

Finalmente, es necesario señalar que este estudio presenta ciertas limitaciones. En primer lugar, el tiempo de captura de la memoria RAM se restringió a una ventana de treinta minutos, lo cual, permitió observar cómo la recuperación de información se volvía cada vez más escasa, especialmente en el tercer volcado; en un escenario real, esta limitación temporal podría ser de horas o hasta días, lo que afectaría totalmente la eficacia de esta técnica forense. Además, que la investigación se desarrolló en un entorno controlado y simulado, lo que implica que no se enfrentaron todas las condiciones e imprevistos propios de una intervención judicial real. Finalmente, el número de escenarios de prueba (3) fue acotado, lo que, si bien permitió una exploración valiosa, deja pendiente la necesidad de ampliar la variedad de contextos y configuraciones para robustecer los resultados.

Aspecto legal: admisibilidad, protocolos y vacíos regulatorios en evidencia volátil

Cuando analizamos la posibilidad de realizar un volcado de memoria RAM en un caso judicial, lo primero que surge es cuestionar en qué contexto se lo podría autorizar y realizar. La simulación mostró que solo es viable si el equipo está encendido y no ha pasado demasiado tiempo, porque una vez apagado la información se pierde por completo. En la práctica real esto implicaría que la captura se realice en un allanamiento o en un caso flagrante, justo en el momento en que los equipos están en funcionamiento.

También se abre la discusión sobre quién puede y debe autorizar este procedimiento. La ausencia de normas específicas genera incertidumbre, porque en escenarios urgentes el fiscal podría generar la orden, pero en otros casos se esperaría una autorización del juez. En la simulación realizada, se asumió que el procedimiento se ejecutaba de forma controlada y sin contratiempos, pero en el ámbito real esa falta de precisión legal podría volverse un punto débil en la admisibilidad de la prueba. Esto deja ver que no basta con la técnica, sino que se necesita claridad en la norma para blindar jurídicamente el proceso.

Otro tema clave es el de la autenticidad e integridad de la evidencia. La memoria RAM es volátil y cualquier intervención puede alterar su contenido. En la simulación, se utilizó el cálculo de hash y un registro detallado del proceso como una manera transparente de mostrar que lo obtenido no fue manipulado (21). Estas prácticas son fundamentales si se quiere que la prueba sea considerada en un juicio, porque sin esa garantía mínima siempre habrá la posibilidad de que la defensa cuestione su validez. La experiencia práctica mostró que es posible preservar la cadena de custodia y eso marca la ruta de lo que debería hacerse en el contexto real.

Finalmente, no se puede olvidar la brecha con los estándares internacionales. Normas como la ISO/IEC 27037 presentan criterios claros sobre cómo actuar en la captura de evidencia digital volátil y sobre el rol del perito en estas intervenciones (22). En Ecuador estas directrices aún no están adoptadas del todo, lo que significa que cada perito actúa a criterio y los jueces terminan valorando las evidencias digitales con un margen de subjetividad. En la simulación se siguieron varias de estas recomendaciones—uso de hash, documentación exhaustiva de los procedimientos, herramientas validadas por la comunidad forense—, pero más por convicción técnica-metodológica que por que existan normativas específicas que obliguen a ello en el Ecuador. Esto refleja una realidad preocupante: aunque la técnica funcione y entregue resultados sólidos, sin un marco alineado a estándares internacionales la carga probatoria de la evidencia digital puede verse reducida en los tribunales.

Consideraciones finales:

Este estudio permitió demostrar que el análisis forense de memoria RAM no solo es útil en delitos informáticos, sino también en delitos comunes con componentes tecnológicos. En el escenario simulado de peculado, se evidenció que la RAM puede contener mensajes, documentos y trazas de navegación que, en un proceso real, podrían convertirse en evidencias clave para vincular hechos y sospechosos. Esto reafirma que su valor trasciende lo puramente digital, abriendo posibilidades de uso en investigaciones criminales de diversa índole.

Los resultados demuestran que esta técnica puede ser una herramienta estratégica para el sistema judicial ecuatoriano si se aplica de forma oportuna. La recuperación de evidencia digital volátil podría contribuir a mejorar la baja tasa de efectividad actual, que apenas alcanza el 0.94% de detenciones frente al total de ciberdelitos. Incrementar esta cifra no solo representa mayor eficiencia en la persecución penal, sino también un beneficio concreto para la sociedad ecuatoriana, que enfrenta riesgos crecientes a medida que la vida cotidiana se digitaliza.

Desde lo técnico, el trabajo con los volcados reveló un patrón claro: el primer volcado, realizado con mayor rapidez, permitió la recuperación íntegra de mensajes y documentos, confirmando la importancia de actuar con inmediatez. El segundo mostró una reducción en la calidad de la información, aunque aún se rescataron datos relevantes que podrían encausar una investigación judicial, mientras que en el tercero la evidencia fue muy escasa y fragmentada. No obstante, incluso estos fragmentos podrían resultar útiles para hacer hipótesis investigativas, lo que reafirma el hecho de que cada minuto cuenta en este tipo de experticias.

En el ámbito legal, la simulación evidenció la necesidad crítica de contar con un marco normativo específico. Actualmente, la falta de reglas claras sobre quién debe autorizar la captura, en qué condiciones puede hacerse y cómo garantizar la integridad de los datos, genera riesgos de impugnación en juicio. Por lo tanto, se vuelve indispensable establecer normativas que eliminen la discrecionalidad y aseguren que estos procedimientos estén respaldados por órdenes válidas, protocolos estandarizados y apego a estándares internacionales como las ISO/IEC.

Otro aporte relevante fue la construcción de la línea de tiempo a partir del primer volcado, que permitió organizar los datos de forma cronológica y comprensible. Esta herramienta no solo fortalece el análisis técnico, sino que también facilita la interpretación judicial, al brindar a fiscales y jueces una narrativa sistemática de los hechos. En un juicio real, esta visualización puede marcar la diferencia entre una evidencia aislada y una prueba sólida capaz de sostener la acusación.

Finalmente, aunque el estudio se realizó en un entorno controlado y con un número limitado de escenarios, sus resultados abren la puerta a futuras aplicaciones. La técnica podría ponerse a prueba en investigaciones de delitos como tráfico de sustancias estupefacientes y psicotrópicas o incluso homicidios, donde el componente digital cada vez tiene mayor peso. Explorar nuevos contextos y superar las limitaciones aquí señaladas permitirá consolidar al análisis de RAM como una herramienta indispensable para la justicia en el Ecuador.

Conflicto de intereses

El autor sostiene que no hay conflictos de interés vinculados con esta investigación, ni conexiones comerciales, patentes o desarrollos tecnológicos que puedan influir en los hallazgos presentados.

Declaración de ética

Esta investigación no implicó a participantes humanos ni recolección de información personal. Se realizó una simulación controlada en ambiente virtual, sin la participación de individuos reales. Por lo tanto, no fue requerida la aprobación de un comité de ética institucional. La investigación se llevó a cabo siguiendo los principios de integridad científica y las mejores prácticas en investigación digital.

Referencias

1. Ministerio del Interior del Ecuador, Dirección Nacional de Ciberdelitos. La nueva era de la ciberdelincuencia, el lado oscuro de la Inteligencia Artificial. Boletín de Análisis de la Ciberdelincuencia. 2024 dic. Available from: <https://www.ministeriodelinterior.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/07/Boletin-La-nueva-era-de-la-ciberdelincuencia-el-lado-oscuro-de-la-Inteligencia-Artificial.pdf>.
2. Carrier B. File System Forensic Analysis. Addison-Wesley Professional; 2005.
3. Osborne G. Memory forensics: review of acquisition and analysis techniques. Canberra (AU): Defence Science and Technology Organisation (DSTO); 2013. Report No.: DSTO-GD-0770. Available from: <https://scispace.com/papers/memory-forensics-review-of-acquisition-and-analysis-331cklw7z9>
4. Vella M, Rudramurthy V. Volatile memory-centric investigation of SMS-hijacked phones: a Pushbullet case study. In: Proceedings of the 2018 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS); 2018 Sep 9–12; Poznań, Poland. ACSIS. 2018;15:607–616. doi:10.15439/2018F11

5. Rido AS, Fachri F. Identifikasi bukti digital WhatsApp pada sistem operasi proprietary menggunakan live forensics. *J Ilm Penelit Pembelajar Informatika (JIPI)*.2024;9(2):1043–1051.
doi:10.29100/jipi.v9i2.5238
6. Shukla S, Misra M, Varshney G. Identification of spoofed emails by applying email forensics and memory forensics. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Communication and Network Security (ICCNS 2020)*; 2020 Nov 20–22; Tokyo, Japan. New York: ACM; 2020. p. 109–114.
doi:10.1145/3442520.3442527
7. Umar R, Riadi I, Kusuma RS. Analysis of Conti ransomware attack on computer network with live forensic method. *Int J Inf Dev*. 2021;10(1):53–61.
doi:10.14421/ijid.2021.2423
8. Amelia C, Riadi I. Browser forensic of extortion case on WhatsApp Web using National Institute of Justice method. *Int J Comput Appl*. 2021;183(42):36–42.
doi:10.5120/ijca2021921823
Available from: <https://ijcaonline.org/archives/volume183/number42/32213-2021921823/>
9. Irwin D, Slay J, Dadej A, Shore M. Extraction of electronic evidence from VoIP: forensic analysis of a virtual hard disk vs RAM. *J Digit Forensics Secur Law*. 2011;6(1):15–36.
doi:10.15394/jdfsl.2011.1086
Available from: <https://commons.erau.edu/jdfsl/vol6/iss1/2>
10. Suryani S, Riadi I. Web forensic for hate speech content on Twitter services using National Institute of Standard Technology method. *Int J Comput Appl*. 2021;183(40):30–38. Available from: <https://www.ijcaonline.org/archives/volume183/number40/suryani-2021-ijca-921798.pdf>
11. Bahari PW, Riadi I. Facebook browser investigation on Chrome using National Institute of Standards and Technology method. *Int J Comput Appl*. 2021;183(44):35–40.
doi:10.5120/ijca2021921858
Available from: <https://ijcaonline.org/archives/volume183/number44/32229-2021921858/>
12. Puri CST, Riadi I. Browser forensic for cyber fraud case on Facebook Messenger services using National Institute of Standard Technology method. *Int J Comput Appl*. 2021;183(42):22–29.
doi:10.5120/ijca2021921818
Available from: <https://ijcaonline.org/archives/volume183/number42/32211-2021921818/>
13. Cahyanto TA, Rizal MA, Wardoyo AE, Warisaji TT, Daryanto. Live forensics to identify the digital evidence on the desktop-based WhatsApp. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. 2022;6(2):213–219.
doi:10.29207/resti.v6i2.3849.
Available from: <https://jurnal.iaii.or.id/index.php/RESTI/article/view/3849>
14. Thing VLL, Ng KY, Chang EC. Live memory forensics of mobile phones. *Digit Investig*. 2010;7(Suppl 1):S74–S82.
doi:10.1016/j.diin.2010.05.010
Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S174228761000037X>
15. Faiz MN, Umar R, Yudhana A. Implementasi live forensics untuk perbandingan browser pada keamanan email. *JISKa (J Informatika Sunan Kalijaga)*. 2017;1(3):108–114.
doi:10.14421/jiska.2017.13-02
Available from: <https://ejournal.uin-suka.ac.id/saintek/JISKA/article/view/13-02>
16. Mayoral Vilches V, Alzola Kirschgens L, Gil-Uriarte E, Hernández A, Dieber B. Volatile memory forensics for the Robot Operating System. *arXiv [preprint]*. 2018 Dec 22 [cited 2025 Jul 3].
Available from: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.09492>
17. Anwar N, Mardhia MM, Ryanto L. Live forensics on GPS inactive smartphone. *Mobile Forensics*.2021;3(1):32–44.
doi:10.12928/mf.v3i1.3847.

Available from: <https://journal2.uad.ac.id/index.php/mf/article/view/3847> (journal2.uad.ac.id)

18. Montesinos Abad FM. Informática forense: herramientas open source y análisis de datos para el volcado de memoria "MEMDUMP" y su aplicabilidad en la investigación de delitos informáticos [undergraduate thesis]. Quito (EC): Universidad Internacional del Ecuador; 2022.
19. Casey E. Digital evidence and computer crime: forensic science, computers, and the internet. 3rd ed. Amsterdam: Academic Press; 2011.
20. Estupiñán Londoño TV, Mora Merchán KT, Santiago Cely CP. Importancia de la memoria como evidencia digital en la informática forense. In: Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology; 2019 Jul 24–26; Montego Bay, Jamaica. Paper 477. doi:10.18687/LACCEI2019.1.1.477 Available from: https://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP477.pdf
21. Selvarajah V, Mailvagnam J. A framework for handling digital forensic evidence and evaluation on cyber resilience. J Appl Technol Innov. 2021;5(4):6.
Available from:
https://dif7uuh3zqcps.cloudfront.net/wpcontent/uploads/sites/11/2021/09/30200408/Volume5_Issue4_Paper2_2021.pdf
22. Hermosa Llanos I, Arcos García LA, Murillo Andrade HX, Recalde Rivera PE. Evaluación del peritaje informático forense en Quito: desafíos, estándares y recomendaciones para mejorar su eficacia. Rev Científica Ciencia Tecnología. 2024;24(44). Available from: <https://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec/revista/index.php/cienciaytecnologia/article/download/723/836/2456>

Propuesta de inclusión de registros odontológicos en el Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad (SIBIOS). Fundamentos y perspectivas futuras

Briem Stamm Alan Diego^{1,2,3}✉, Clarisa Yanina Gómez⁴

¹Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, República Argentina

²Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina (IUPFA), Buenos Aires, República Argentina

³Dirección de Criminalística y Estudios Forenses, Gendarmería Nacional Argentina, Buenos Aires, República Argentina

⁴Superintendencia de Investigaciones Federales, Dirección General de Policía Científica, Sección Unidad Criminalística de Alta Complejidad, Policía Federal Argentina, Buenos Aires, República Argentina

✉ alan.briem@odontologia.uba.ar

Datos del artículo

Cita

Briem Stamm AD, Gómez CY. Propuesta de inclusión de registros odontológicos en el Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad. ReCiF. 2026;(1): 15–26.

Editor

Ivet Gil-Chavarría

Revisión por pares

Dos

Recibido

5/septiembre/2025

Aceptado

10/marzo/2026

Publicado

30/abril/2026

Creative Commons CC-BY-NC-SA 4.0 Internacional

Resumen

La biometrización de la sociedad se sustenta en el derecho de cada ciudadano a ser identificado inequívocamente y relacionarse con el Estado a través de técnicas digitales. Los sistemas biométricos vinculan a los sujetos con una base de datos personales que constituye su identidad. El Decreto del Poder Ejecutivo Nacional N° 1766/11, ha instaurado en la República Argentina el Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad (SIBIOS), que nuclea información fidedigna de huellas dactilares, faciales y voces. Interpol señala que los análisis odontológicos comparativos representan, junto a la Dactiloscopia y los perfiles de ADN, criterios primarios de identificación humana en virtud de la elevada resistencia de los tejidos dentales y sus estructuras anatómicas conexas. Ello supone una eficaz alternativa en cuerpos carbonizados, putrefactos o fragmentados, por lo que desde Policía Federal Argentina y Gendarmería Nacional Argentina se propone la recolección y/o actualización, digitalización y sistematización de los datos odontológicos de personas que integran múltiples estamentos federales y provinciales, con el propósito de generar el Banco Nacional de Datos Odontológicos (BANDO). En el presente trabajo, se explicitan consideraciones legales, sanitarias y forenses que justifican la inclusión de los registros inherentes a la incumbencia profesional del odontólogo en el SIBIOS, poniendo énfasis respecto a la repercusión que ello pudiera significar en la investigación científica del delito.

Palabras clave: biometría; identificación humana; registros dentales; bases de datos

Abstract

The biometricization of society is based on the right of every citizen to be unequivocally identified and to interact with the State through digital techniques. Biometric systems link individuals to a personal database that constitutes their identity. Executive Decree No. 1766/11 established the Federal Biometric Identification System for Security (SIBIOS) in the Argentine Republic, which gathers reliable information from fingerprints, facial expressions, and voices. Interpol notes that comparative dental analyses, along with fingerprints and DNA profiling, represent primary criteria for human identification due to the high resistance of dental tissues and their associated anatomical structures. This is an effective alternative for charred, putrefied or fragmented bodies. Therefore, the Argentine Federal Police and the Argentine National Gendarmerie propose the collection and/or updating, digitization, and systematization of dental data on individuals from multiple federal and provincial agencies, with the purpose of creating the National Dental Data Bank (BANDO). This paper explains the legal, health, and forensic considerations that justify the inclusion of the records inherent to the professional practice of dentists in the SIBIOS, emphasizing the potential impact this could have on criminal investigations.

Key words: biometrics; human identification; dental records; databases

Introducción

Las ciencias forenses aplican sus metodologías y técnicas con el propósito de investigar delitos y/o accidentes que posibiliten aportar información categórica a los estamentos encargados de administrar Justicia. Habitualmente, constituye una dinámica interdisciplinaria que sustenta su devenir en la cooperación y coordinación entre los peritos intervinientes, los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley y la autoridad judicial (1). Los avatares de la globalización han generado múltiples desafíos en virtud de la multiplicidad y complejidad de sucesos violentos, imponiéndose la sustanciación de protocolos y estándares internacionales, pero también originó un notorio avance tecnológico que permitió gestionar reservorios digitalizados de información fisonómica de los ciudadanos. En consecuencia, desde diferentes agencias gubernamentales en todo el mundo, la prevención y resolución de delitos ocupa un rol preponderante y, para ello, contar con registros fidedignos de la población, almacenados biométricamente, resulta clave (1). El término “biometría” proviene del griego bios (“vida”) y metron (“medida”) y, según el diccionario de la Real Academia Española, es el “estudio mensurativo o estadístico de los fenómenos o procesos biológicos” (2), por lo que permite identificar o autenticar la identidad de un ser humano al medir o sopesar sus características fisiológicas o de comportamiento (3.4).

El Decreto del Poder Ejecutivo Nacional N° 1766/11, ha instaurado en la República Argentina el Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad (SIBIOS), que posibilita el reconocimiento automático de un ciudadano tomando como referencia rasgos físicos únicos, como la huella dactilar, el rostro y los planos de voces (5). Los usuarios del sistema incluye al Registro Nacional de las Personas (RENAPER), la Dirección Nacional de Migraciones, las Fuerzas de Seguridad del Estado Nacional, es decir, Policía Federal (PFA), Policía de Seguridad Aeroportuaria (PSA), Gendarmería Nacional (GNA), Prefectura Naval (PNA), la totalidad de las policías provinciales y de la

Ciudad Autónoma de Buenos Aires mediante el Decreto 243/2017, como, asimismo, los organismos dependientes del Poder Ejecutivo o del Poder Judicial en ámbitos nacionales, provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires que adhieran al mismo (6).

La identificación post mortem dependerá principalmente de la cantidad y calidad de la información ante mortem (AM) o indubitada colectada y, en particular, de la disponibilidad de evidencias tales como huellas papiloscópicas (7), ADN (8), radiografías, estudios odontológicos (9,10), entre otras, requisito esencial para permitir, posteriormente, efectuar los cotejos con los registros post mortem (PM) o dubitados (1,10). Se ha ponderado que los métodos aceptados científicamente como primarios para establecer la identidad categórica son las huellas dactilares, los análisis odontológicos comparativos y los perfiles de ADN (1). Los registros gráficos e imagenológicos de las estructuras óseas y dentales aportan frecuentemente datos significativos en fallecidos, aunque también son viables en sujetos vivos, fundamentalmente en personas con identidad dudosa, lesiones de diversa índole o en procesos de estimación de la edad, muy requeridos actualmente en diferentes latitudes por el incesante flujo de corrientes migratorias (1,10).

Teniendo en cuenta que la legislación vigente en la República Argentina reguló la validez de la historia clínica electrónica mediante la Ley 27.70611, en consonancia con lo normado en la Ley 26.52912, referida a los derechos del paciente en su relación con los profesionales e instituciones de salud, el almacenamiento de sus registros concomitantes (documentales y de imágenes), serían susceptibles de incorporarse al SIBIOS, sumando una alternativa científica innegable. A tal efecto, desde Policía Federal Argentina y Gendarmería Nacional Argentina, respectivamente, se ha propuesto la recolección y/o actualización, digitalización y sistematización de los datos odontológicos de aquellas personas que integran múltiples estamentos federales y provinciales, con el propósito de generar el Banco Nacional de Datos Odontológicos (BANDO), en un intento de aportar información concreta que permita dirimir con mayor científicidad y celeridad sucesos criminales y/o de otra naturaleza en aquellas situaciones donde las metodologías tradicionales no sean viables.

El presente artículo reflexiona respecto a los fundamentos legales, sanitarios y forenses que justifican la inclusión de los registros inherentes a la incumbencia profesional del odontólogo en el SIBIOS, poniendo énfasis en la repercusión que ello pudiera significar en contextos tendientes a esclarecer sucesos delictivos y/o accidentales que posibiliten otorgar una eficaz respuesta a la autoridad judicial, sentando así un precedente a nivel mundial.

Los sistemas biométricos

Establecer y verificar la identidad de las personas en forma confiable constituye una necesidad impostergable en sectores públicos y privados de la actual sociedad, requiriéndose, por ende, de estrategias proclives a desarrollar tecnologías afines a la autenticación biométrica, que, además, dotará de una mayor fortaleza en ámbitos de ciberseguridad (13). Reconocer el rostro de una persona, detectar su sonrisa, pronunciar el nombre, identificar el iris, la secuencia de ADN, la firma y la huella dactilar, son ejemplos de tecnología biométrica (14,15), cuya aplicación aborda dispares entornos, como acceder a sistemas informáticos, efectuar controles de vigilancia, o contribuir en la identificación criminal, entre otros (3,4). Los caracteres biométricos se identifican o verifican automáticamente a través del análisis de sus rasgos conductuales (dinámica de pulsación de teclas, marcha, firma, voz) o fisiológicos únicos (huellas dactilares, rostro, iris) (16,17), concentrados en la base de datos, que posibilitará, una vez

detectados los identificadores fisonómicos de referencia asociados a una persona, constatar y confirmar una afirmación filiatoria mediante la comparación. Ambos procesos son esenciales para el reconocimiento biométrico y pueden cumplir distintas funciones (17), pero indudablemente su principal objetivo es de carácter securitario (18). Cada repositorio de datos contiene componentes adaptados a la modalidad biométrica específica. En tal sentido, una base de datos de huellas dactilares requiere imágenes, mientras que una de voz amerita grabaciones de audio, garantizando que toda la información relevante se almacene adecuadamente y sea accesible (18). Los registros de identidad frecuentemente podrían duplicarse, desafiando la rigurosidad en los sistemas de identificación. En tales ámbitos, la biometría resulta clave para efectuar una detección y verificación del registro duplicado, garantizando la unicidad de cada usuario (19), ponderando la precisión del sistema, erigida en una de sus mayores virtudes, dado que, para identificar o autenticar identidades de individuos, ahonda en características inherentes a ellos, prescindiendo de posibles falencias o errores susceptibles a olvidar una determinada contraseña (3,19). Actualmente, la autenticación y verificación de la identidad genera estrategias afines a la biometría sin contacto, es decir higiénicas y no invasivas, prescindiendo de la intervención de una persona, como un cajero, asistente, o del contacto directo con un dispositivo, gracias a los escaneos faciales y de manos en el aire. También se busca la estrategia multimodal como el SIBIOS, es decir, reconocimiento facial, escaneo de huellas dactilares y reconocimiento de voz en un solo sistema de autenticación. El advenimiento de la Inteligencia Artificial (IA) pretende aumentar la precisión de los sistemas, optimizando la eficiencia y la rapidez en los procesos de seguridad (20). Se ha desarrollado la tecnología PAD que emplea sofisticados algoritmos de IA para analizar señales sutiles, como las micro expresiones y diferenciar de manera efectiva entre sujetos reales e intentos de suplantación, mitigando riesgos que garanticen la integridad y seguridad del proceso de autenticación biométrica, ahondando en sus alcances legales, privacidad y desarrollo responsable en pos de intentar garantizar su implementación de manera ética y equitativa.

EL SIBIOS

El Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad (SIBIOS) es un registro centralizado, con jurisdicción en el Territorio Nacional, que vincula datos biométricos con información almacenada en el Registro Nacional de las Personas (RENAPER), fundamentalmente en lo atinente al nombre y apellido y el Documento Nacional de Identidad (21). El SIBIOS integra en la actualidad tres bases de datos, conformada por las huellas dactilares, en consonancia con el Sistema Automatizado de Identificación de huellas dactilares (AFIS), huellas del rostro o faciales (Morpho Face Investigate Pilot, LUNA) y, en algunos laboratorios, sistemas computarizados de reconocimiento de voz para comparar registros acústicos. Esta integración permite identificar a una persona incluso si uno de los métodos no es concluyente, fortaleciendo su seguridad y eficacia. Su uso requiere, además de generar los reservorios digitales, implementar terminales de acceso con tecnología AFIS (22), es decir, un sistema informático con hardware y software integrados, que, por un lado, posibilita el escaneo, captura e ingreso de huellas dactilares dubitadas al sistema, y, simultáneamente, la consulta y cotejo automático, sistemático y masivo con la totalidad de las improntas dactilares indubitadas incluidas en la base. Existen terminales fijas, como estaciones de trabajo distribuidas en instalaciones policiales, dotadas de un escáner que realiza consultas a la base de datos, digitaliza fichas y aporta nueva información, además de terminales portátiles diseñadas para operativos móviles. El SIBIOS procesa registros patronímicos y biológicos para la identificación eficaz de personas y rastros, optimizando la investigación científica del delito y actividades preventivas en materia de seguridad (18), oficiando el RENAPER como una fuente primordial para adquirir tales datos, aprovechando la normativa que instauró el “nuevo DNI” (21). Asimismo, la Dirección Nacional de Migraciones, junto a las policías nacionales y provinciales, suministran información en los diferentes accesos migratorios (23). El SIBIOS contempla la integración

paulatina de los estamentos provinciales afines a esta problemática, orientando, a través del Ministerio de Seguridad de la Nación, a la conectividad, el soporte y el hardware necesarios para la operatividad y eficiencia funcional de las consultas formuladas al Sistema, suscribiéndose un convenio de adhesión que estipula el compromiso taxativo de remitir las fichas dactilares de procesados y condenados (18,24). El crecimiento y desarrollo del SIBIOS ha sido incesante, estimándose que actualmente contiene registros biométricos de alrededor de 22 millones de personas, aunque su capacidad está prevista para 45 millones, aproximadamente. Además del AFIS, se ha incorporado progresivamente el sistema LUNA, programa de reconocimiento facial originado en Rusia, impulsado desde 2024, que efectiviza búsquedas de rostros en las bases de datos, arrojando posibles candidatos (25). Pese a lo explicitado anteriormente, hasta ahora no se ha considerado la incorporación de registros odontológicos al SIBIOS.

Un criterio primario para la identificación humana

La Odontología Forense se ha transformado en una parte integral de las Ciencias Forenses. El rol de las estructuras del sistema estomatognático, conjunto de tejidos duros y blandos que conforman un sector del macizo cráneo facial, ha ido en franco aumento, en virtud del invaluable aporte suministrado por los dientes y las restauraciones dentales como único medio de identificación viable (1,8,10). En catástrofes, como accidentes aéreos, ataques terroristas, terremotos o tsunamis, el desempeño de los odontólogos forenses ha sido clave para contribuir en la identificación de las víctimas, aunque también ha influenciado positivamente en la resolución de investigaciones de delitos y estudios étnicos (1,8,9). Otras áreas de aplicación incluyen la criminalística, violencia familiar y situaciones de abuso sexual. Los diversos métodos empleados por el perito odontólogo abarcan la toma de impresiones dentales, radiografías, fotografías, rugas palatinas, huellas labiales y los perfiles de ADN aportados por la pulpa dental y las muestras de saliva (8,10). La mayoría de las identificaciones dentales se basan en restauraciones, caries, dientes faltantes y/o dispositivos protésicos fijos o removibles, asumiendo un interés capital el registro que el facultativo clínico asistencial asienta en la documentación originada durante la atención a sus pacientes (1,8,10). Se ha esgrimido que muchas veces la información odontológica recuperada para efectuar la ulterior comparación ostenta una antigüedad manifiesta, por lo que suelen hallarse discrepancias que deberán ser tenidas en cuenta a la hora de informar resultados (26). No obstante, tales discordancias pueden tener una explicación razonable, que no descarta inicialmente la identificación, aunque se debería reunir mayor cantidad de datos para acreditarla fehacientemente (1,26). A pesar del importante papel de los odontólogos forenses en la recuperación de la información PM, algunos descendientes podrían quedar sin identificar por la escasa, endeble y hasta inexistente información AM (1,26). Otro aspecto frágil radica en que los registros dentales no se conservan el tiempo suficiente, hecho que obliga a la sustanciación de bases de datos odontológicas, máxime teniendo en cuenta la disponibilidad de herramientas informáticas para tal fin (1,26). Este acápite fundamenta la integración de los registros odontológicos en el SIBIOS y la elaboración de un banco de datos nacional como se expone en el proyecto BANDO.

El Banco Nacional de Datos Odontológicos (BANDO)

Desde la Policía Federal Argentina y Gendarmería Nacional Argentina se propone la recolección y/o actualización, digitalización y sistematización de los datos odontológicos del numerario de las filas institucionales uniformadas, por ser personal de riesgo, como así también de personas internas en las Unidades del Servicio Penitenciario Federal. Este relevamiento permitirá la creación de una base informatizada confiable, de valor legal, sanitario y forense que sustentará la creación del Banco Nacional de Datos Odontológicos (BANDO), para luego ser extrapolado a otras instituciones del Territorio

Nacional, como fuerzas de seguridad y policiales, para, ulteriormente, hacerlo extensivo en la población general.

Propuesta

Se propone la incorporación formal de las imágenes odontológicas al SIBIOS, no generando erogación alguna de manera adicional ni infraestructura específica. Los odontólogos con prestación de servicios en los estamentos dependientes del Ministerio de Seguridad Nacional, es decir, Policía Federal, Gendarmería Nacional, Prefectura Naval, Policía de Seguridad Aeroportuaria y Servicio Penitenciario Federal serán los responsables de generar los registros concomitantes. Una vez obtenidos los mismos, a través de los profesionales imbuidos en tareas de Ingeniería en Sistemas Operativos, se vincularán los datos, gestionando el reservorio digital. La implementación del sistema requiere:

1. La modificación del Decreto 1766/2011 (5), incluyendo expresamente los registros odontológicos como parte del universo biométrico regulado y protegido.
2. El agregado de un módulo odontológico específico en el SIBIOS que permita la incorporación digitalizada de los datos odontológicos y su almacenamiento seguro.
3. La interoperabilidad entre SIBIOS, BANDO y los demás sistemas afines, incorporando los registros odontológicos como un subconjunto biométrico válido y disponible para consultas judiciales, pericias forenses y tareas de identificación en seguridad pública.

El apartado odontológico del SIBIOS estará integrado por la Ficha odontológica, cuyo odontograma será completado con la nomenclatura del Sistema Dígito Dos, preconizada por la Federación Dental Internacional (27) y receptada por Interpol. Además, se digitalizarán la fotografía y modelo de yeso del maxilar superior, obtenido previa toma de impresión, con el propósito de reproducir los caracteres anatómicos de las rugas palatinas, posicionadas en el techo de la cavidad oral o bóveda palatina (Figura 1), señaladas como estructuras con propiedades identificadoras en razón de ser únicas, permanentes, inmutables y clasificables (28,29).



Figura 1. Detalle de las rugas palatinas en el paladar duro. Fuente: Los autores

Finalmente, el SIBIOS incluirá una tomografía computada y/o radiografía panorámica digitalizada del sujeto (Figura 2).



Figura 2. Radiografía Panorámica. Fuente: Los autores

La concreción del BANDO en las diferentes Unidades Penales Federales en una primigenia etapa, responde a la necesidad de fortalecer los mecanismos de identificación forense en personas privadas de libertad (Tabla 1), no obstante, su injerencia podría repercutir para la gestión de información en investigaciones judiciales y al control sanitario dentro de las unidades penitenciarias.

Población alojada en centros de detención, por situación jurídica, capacidad real de alojamiento según tipo de servicio penitenciario. Total del país. Año 2022

Servicio penitenciario	Población alojada en centros de detención				Capacidad real de alojamiento (1)	Porcentaje de sobrepoblación % (1)	Cantidad de establecimientos
	Total	Situación jurídica					
		Condenados	Procesados	Otros			
Total del país	105.053	61.291	43.191	571	88.622	19	330
Provincial	93.681	55.052	38.064	565	77.690	21	300
Federal	11.372	6.239	5.127	6	10.932	4	30

(1) Se calcula con base en las unidades que informan esta variable. El porcentaje presentado se considera “porcentaje de sobrepoblación” y refiere a que la densidad de la población alojada supera los límites de la capacidad de alojamiento informada. Porcentaje de sobrepoblación = (población alojada - capacidad) *100

Tabla 1. Población alojada en Centros de Detención en la República Argentina, año 2022. Fuente: Sistema Nacional de Estadísticas sobre Ejecución de la Pena. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. Secretaría de Justicia. Subsecretaría de Política Criminal. Dirección Nacional de Política Criminal en Materia de Justicia y Legislación Penal.

El Banco Nacional de Datos Odontológicos pretende constituirse en una herramienta técnico-legal para la identificación forense en catástrofes, cadáveres desfigurados, mutilados, calcinados o en avanzado estado de descomposición, como así también en sujetos vivos con amnesia, trastornos mentales, documentación falsa y/o dudas sobre su edad. Además, su incumbencia atañe a contextos de investigación criminal, vinculando personas y hechos a través del cotejo de registros odontológicos con fotografías, video filmaciones o descripciones físicas, la interacción técnico-científica con estamentos forenses destinados a la reconstrucción facial, además de una herramienta complementaria a la información dactiloscópica y genética en casos donde estos resulten insuficientes o no aplicables.

Discusión

Los sistemas de justicia penal a nivel global afrontan complejos desafíos como el acceso inadecuado a la justicia, la persistente sobrepoblación carcelaria, los altos niveles de violencia de género y las crecientes amenazas para los niños (30). La integración de las tecnologías emergentes y la IA ha creado nuevos imperativos que exigen un equilibrio entre la innovación y la protección de los derechos humanos. El adecuado registro de las características fisonómicas de las personas supone contar con información auténtica y comparable, destinada a esclarecer su identidad en forma categórica. Según un estudio de la UNODOC (Oficina contra la Droga y el Delito de las Naciones Unidas), anualmente, más de 100 millones de personas en todo el mundo presentan secuelas psicofísicas como resultado directo de sucesos delictivos (30). También resulta preocupante el aumento de casos de muerte violenta provocados por accidentes de tránsito, ahogamientos, caídas intempestivas, incendios y actos deliberados de violencia (30). Se calcula que en 2017 hubo 478.000 víctimas de homicidio en el mundo, cuatro quintas partes de ellas, varones (niños o adultos). La mayor tasa de mortalidad por homicidio se registró en la Región de las Américas y fue de 19,6 por 100.000 habitantes, más de tres veces superior al promedio mundial, que es de 6,3 por 100.000 habitantes (30).

En lo atinente a la República Argentina, durante el año 2024 se registraron 1.734 homicidios dolosos en todo el país, arrojando una tasa de 3,8 homicidios por cada 100 mil habitantes²⁸. Cerca de la mitad de ellos (790) se produjeron en la provincia de Buenos Aires, lo que representa casi el 46% del total nacional (Figura 3). Entre 2023 y 2024 la tasa de robos aumentó un 1,4% en el país (31).

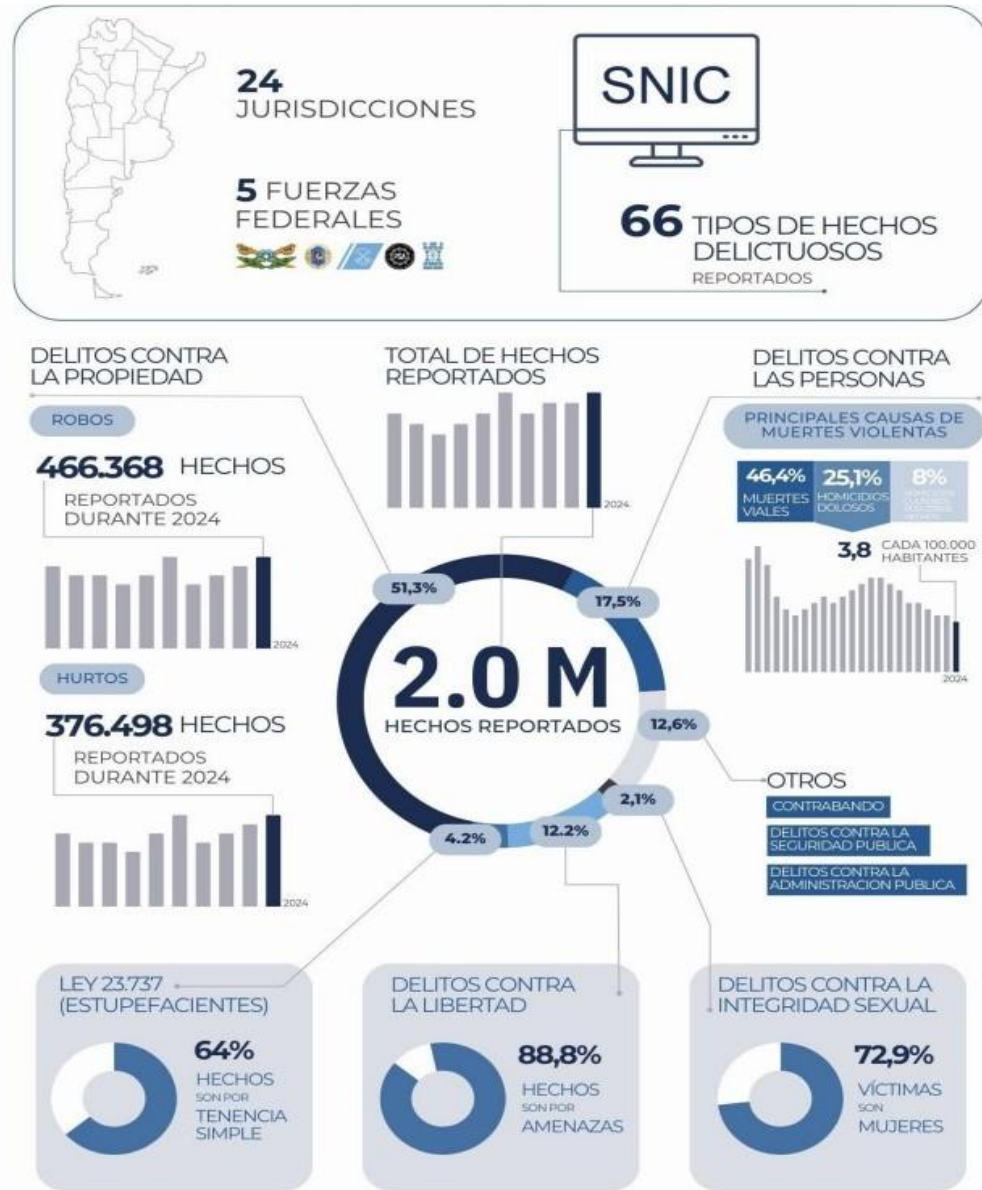


Figura 3. Estadísticas Delictivas de la República Argentina, año 2024. Fuente: Sistemas de Alerta Temprana de Homicidios Dolosos, Delitos contra la Propiedad, Muertes Viales y Suicidios - Sistema Nacional de Información Criminal (SNIC)

Evidentemente, las diferentes formas delictivas descritas inciden en la jurisdicción de las ciencias forenses, por lo que las entidades afines han establecido mecanismos de mayor contralor y especificidad a los fines de impulsar investigaciones de mayor calidad y celeridad a través de procesos automatizados que generen adecuados registros. Ello ha reformulado tendencias respecto a diseñar sistemas de identificación personal confiables y rigurosos que posibiliten verificar y autenticar los datos disponibles para ello, ya que, en contextos aseguibles a víctimas de múltiples nacionalidades, por ejemplo, los peritos intervinientes requieren información instantánea proveniente de sus respectivos países de origen, por lo que disponer de datos biométricos supone mayores chances de una eficaz cooperación internacional. En cuerpos fustigados por el deletéreo efecto ígneo, es muy probable que los tejidos de la cavidad oral aporten información relevante y, para tal objetivo, registros obrantes en el SIBIOS o el BANDO, podrían

acotar los tiempos de la respuesta pericial. En tal sentido, resulta interesante recordar que “...en un relevamiento de fichas de cadáveres NN pertenecientes al período 1990-2013, con un total de 5329 actas de defunción relevadas de todo el país, en el RENAPER se determinó que en 2314 casos no se contaba con los registros dactiloscópicos. El motivo más recurrente para justificar la falta de toma de registros dactilares fue el avanzado estado de descomposición del cuerpo, aunque en más de la mitad de los casos no se especificaron los motivos. Se mencionan casos de falta de toma de huellas por estar los cuerpos carbonizados o calcinados” (32). Es menester considerar entonces la compatibilidad técnica y estandarización de los registros odontológicos, como así también aspectos legales y de privacidad relacionados con la incorporación de datos sensibles al sistema biométrico nacional, además de prever la coordinación con organismos como el RENAPER y la Dirección Nacional de Policía Científica, que actualmente coordinan el SIBIOS. Esta necesidad de interoperabilidad y alineamiento a estándares internacionales explica por qué el SIBIOS sustenta su andamiaje operativo en los fundamentos proferidos desde el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) (33) y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) (33). Sería ponderable, asimismo, que los registros odontológicos que articulen el SIBIOS con el BANDO tengan consonancia con las actividades desarrolladas por eventos que ameriten la intervención del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR) (34), máxime teniendo en cuenta el lanzamiento del Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (PNRRD) 2025-2029. En España, por ejemplo: “...existe el sistema informático Base de Datos de Personas Desaparecidas y Restos Humanos sin Identificar (PD y RH), que permite realizar un cotejo automático entre la persona desaparecida y los cadáveres que aún no han sido identificados, emitiendo una alerta a la unidad de policía científica o criminalística competente en caso de coincidencia. Entre los datos que se cargan en dicho sistema, en la ficha-informe ante mortem, se incluyen huellas dactilares, fotografías faciales, odontogramas, cicatrices, marcas de intervenciones quirúrgicas y cualquier otro dato que permita la identificación de una persona, como así también el ADN” (32).

Finalmente, se debe tener en cuenta que, en los países que integran la Unión Europea, desde el año 2004 se utilizan pasaportes biométricos que incluyen datos faciales y de huellas dactilares (35) En Estados Unidos de América, se han desarrollado programas avanzados de identificación biométrica con huellas dactilares, reconocimiento facial y ADN, en tanto que la India posee un sistema que consolida datos demográficos y biométricos (huellas dactilares e iris) (35). En tal sentido, China, Singapur y otros países asiáticos emplean el reconocimiento facial y las huellas dactiloscópicas para los servicios públicos y de control migratorio (35). Esta compulsión recabada en diferentes latitudes demuestra que no se ha contemplado la inclusión de registros odontológicos, pese a su potencial injerencia, por lo que el presente trabajo propone dicha estrategia metodológica en el SIBIOS, hecho que ampliaría su capacidad de identificación biométrica, concatenándola a la información dactiloscópica, facial y de voz.

Conclusión

La implementación de sistemas biométricos diseñados para contribuir en la resolución de investigaciones forenses ha sido incesante en todo el mundo. En la República Argentina, el Ministerio de Seguridad de la Nación ha impulsado el SIBIOS, reservorio de información digitalizada, donde, la potencial inclusión de registros odontológicos, significaría una alternativa válida en casos de notorio deterioro del cuerpo humano al ser expuesto a injurias físicas y químicas. Ello otorgaría una mayor eficacia y celeridad en procesos de identificación humana, jerarquizando la respuesta de los estamentos encargados de administrar Justicia. Debe resaltar aquellos aspectos relevantes o novedosos del artículo o ambos, así como las insuficiencias y recomendaciones, de existir.

Referencias

1. Interpol. Disaster Victim Identification. [Internet] [Consultado 08 ago 2025]. Disponible en: <https://www.interpol.int/en/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI>.
2. Real Academia Española. [Internet] [Consultado el 03 ago 25]. Disponible en: <https://dle.rae.es/biometr%C3%ADa>
3. Thill E. Biometría y políticas de seguridad: de la ciencia ficción a la agenda pública. En Thill, E. (comp.). 2010. Biometrías: herramientas para la identidad y la seguridad pública. Buenos Aires: Jefatura de Gabinete de Ministros, Presidencia de la Nación.
4. Niklas P, Barrera G. Biometría aplicada a la seguridad. Sociedad Argentina de Informática (SADIO) → Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO) → 46 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO) y 43 CLEI → Simposio Latinoamericano de Informática y Sociedad (SLIS-CLEI) - IV Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS-JAIIO). Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/64518>
5. Poder Ejecutivo Nacional (P.E.N.). Decreto 1766/2011. Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad. 2011. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1766-2011-189382>
6. Boletín, Oficial de la República Argentina (BORA). Decreto 243/2017. Ministerio de Seguridad de la Nación. 2017. Disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/161771/20170410>
7. Brannon RB, Morlang WM. Tenerife revisited: The critical role of dentistry. J Forensic Sci. 2001; 43(3):722-725. PMID: 11373016.
8. Pretty IA, Addy LD. Associated *post-mortem* dental findings as an aid to personal identification. Sci Justice. 2002; 42:65-74. [https://doi.org/10.1016/s1355-0306\(02\)71801-7](https://doi.org/10.1016/s1355-0306(02)71801-7)
9. Sweet D, Di Zinno JA. Personal identification through dental evidence-Tooth fragments to DNA. CDA Journal. 1996; 24(5):35-42. PMID: 9052020.
10. Senn DR, Stimson PG. Forensic dentistry. Boca Raton. CRC Press. 2010. <https://doi.org/10.4324/9780429292767>
11. Ministerio de Justicia de la Nación. Decreto 144/2023. Programa Federal Único de Informatización y Digitalización de Historias Clínicas de la República Argentina - LEY 27706. 2023. Disponible en: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=380711>
12. Ministerio de Justicia de la Nación. Ley 26.529. Derechos del Paciente en su Relación con los Profesionales e Instituciones de la Salud. 2009. Disponible en: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/160000-164999/160432/texact.htm>
13. Ministerio de Seguridad de la Nación. Plan Federal de Prevención de Ciberdelitos y Gestión Estratégica de la Ciberseguridad (2025 - 2027). 2025. [Consultado el 08 ago 25]. Disponible en: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=408408>
14. Gaur S, Shah VA, Thakker M. Biometric recognition techniques: A review. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and International Journal of Engineering in Computer Science Instrumentation Engineering. 2012;1(4):282-290. Disponible en: <https://www.computersciencejournals.com/ijecs>
15. Aljanabi RA, Al-Qaysi ZT, Ahmed MA, Salih MM. Hybrid Model for Motor Imagery Biometric Identification. Iraqi Journal For Computer Science and Mathematics. 2024;5(1):1-12. Disponible en: <https://ijcsm.researchcommons.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1135&context=ijcsm>
16. Kabir W, Swami A. A new anchored normalization technique for score-level fusion in multimodal biometric systems. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) 2016: 93-96. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2016.7527178>
17. Jagadiswary D, Saraswady D. Biometric Authentication Using Fused Multimodal Biometric. Procedia Computer Science, 2016; 85, 109-116. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.187>

18. Frescura Toloza, D. E. Tensiones Entre Seguridad y Privacidad En Torno Al Sistema Federal De Identificación Biométrica (SIBIOS). *minerva* 2023, 1, 82-107. Disponible en: <https://ojs.editorialiupfa.com/index.php/minerva/article/view/64>
19. Almashhadani M, Mishra A, Yazici A. Software maintenance practices using agile methods towards cloud environment: A systematic mapping. *Journal of Software: Evolution and Process*. 2024; 36:10.1002/smr.2698. Disponible en: www.researchgate.net/publication/381926586_Software_maintenance_practices_using_agile_methods_towards_cloud_environment_A_systematic_mapping
20. Revista Seguridad. Las 10 tendencias que están marcando el rumbo de la biometría en América Latina. 2025. Disponible en: <https://revistaseguridad.cl/2025/03/17/biometria-en-america-latina/>
21. Poder Ejecutivo Nacional (P.E.N.). Decreto 1501 / 2009. Dirección Nacional del Registro Nacional de las Personas (RENAPER). Utilización de Tecnologías Digitales. 2009. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1501-2009-159070>
22. AFIS (Automatized Finger Print Identification System). [Consultado el 03 ago 2025]. Disponible en: https://ucr.fbi.gov/fingerprints_biometrics/biometric-center-of-excellence/files/iafis_0808_one-pager825
23. Ministerio de Seguridad de la Nación Argentina. Identificación biométrica para la seguridad: El SIBIOS ya tiene cobertura nacional. 2017. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/identificacion-biometrica-para-la-seguridad>
24. Ríos A. Seguridad y biometría en cuestión: El sistema federal de identificación biométrica (SIBIOS) en Argentina. *Aposta*. 2020. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/172636>
25. Ministerio de Seguridad de la Nación Argentina. Resolución 1234/2024, Protocolo Unificado para el Reconocimiento y Comparación Facial. 2024. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolucin-1234-2024-406359>
26. Fonseca GM, Salgado Alarcón G, Cantín M. Lenguaje odontológico forense e identificación: obstáculos por falta de estándares. *Rev Esp Med Legal*. 2011;37(4):162-168. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0377-4732\(11\)70083-9](https://doi.org/10.1016/S0377-4732(11)70083-9)
27. Federación Dental Internacional. Disponible en: <https://www.fdiworlddental.org/>
28. Caldas IM, Magalhães T, Afonso A. Establishing identity using cheiloscopy and palatoscopy. *Forensic Sci. Int*. 2007; 165: 1-9.
29. Thomas CJ, van Wyk CW. The Palatal Rugae in an Identification. *J. Forensic Odontostomatol*. 1988; 6:21-7.
30. Oficina contra la Droga y el Delito de las Naciones Unidas. [Consultado el 08 ago 2025]. Disponible en: <https://www.unodc.org/unodc/es/press/releases/2024/June/unodc-world-drug-report-2024-harms-of-world-drug-problem-continue-to-mount-amid-expansions-in-drug-use-and-markets.html>
31. Ministerio de Seguridad de la Nación Argentina. Sistema Nacional de Información Criminal (SNIC). Estadísticas Criminales en la República Argentina. [Consultado el 06 ago 2025]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/seguridad/estadisticascriminales>
32. Gómez CY. Documentos odontológicos: su relevancia en la identificación de personas, víctimas de eventos adversos y cadáveres N.N. *Minerva*. Saber, arte y técnica 2021; V(1), junio-diciembre. Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina (IUPFA), pp. 34-45. Disponible en: <https://ojs.editorialiupfa.com/index.php/minerva/article/view/40>
33. American National Standards. (Internet). [Consultado el 09 ago 2025]. Disponible en: <https://www.ansi.org/>
34. Ministerio de Seguridad de la Nación Argentina. Agencia Federal de Emergencias. Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR). 2016. [Consultado el 07 ago 2025]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sinagir>
35. Comparitech. (Internet). [Consultado el 06 ago 2025]. Disponible en: <https://www.comparitech.com/blog/vpn-privacy/biometric-data-study/>

La importancia de las bases de datos en la ciencia forense: el caso de la comparación forense de voz y la población de referencia en el cálculo del LR

López-Escobedo Fernanda¹✉, Martínez Sánchez Julio César¹, Huerta-Pacheco N. Sofía^{1,2}

¹Escuela Nacional de Ciencias Forenses. Investigación Científica S/N, C.U., Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

²SECIHTI. Av. de los Insurgentes Sur 1582, Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México, México.

✉ flopeze@unam.mx

Datos del artículo

Cita

López-Escobedo F, Martínez Sánchez JC, Huerta-Pacheco NS. La importancia de las bases de datos en la ciencia forense: el caso de la comparación forense de voz y la población de referencia en el cálculo del LR. ReCiF. 2026;(1):27-40.

Editor

Vicente Torres Zúñiga

Revisión por pares

Uno

Recibido

1/octubre/2025

Aceptado

14/enero/2026

Publicado

30/abril/2026

Creative Commons

Atribución: CC-BY-NC-SA
4.0 Internacional

Resumen

Las ciencias forenses atraviesan un cambio de paradigma, impulsado por la necesidad de transitar de métodos basados en el juicio subjetivo hacia enfoques sustentados en mediciones cuantitativas y modelos estadísticos. En este contexto, el enfoque bayesiano se presenta como el marco lógico para la interpretación de la evidencia, cuyo objetivo es contrastar la hipótesis de la defensa (diferente origen de las muestras) y la del Ministerio Público (mismo origen) mediante la razón de verosimilitud (RV).

Para su construcción, la RV requiere información sobre la similitud y la tipicidad de las características que se están comparando entre las muestras. En particular, la estimación de la tipicidad requiere conocer el comportamiento de dichas características en la población de la cual proviene la muestra de origen desconocido. Es en este punto donde las bases de datos adquieren un papel central.

En este trabajo se destaca la importancia de las bases de datos en el contexto de la comparación forense de voz y se muestra cómo el Corpus de Lengua Oral del Español de México (CLOE), recopilado en la Escuela Nacional de Ciencias Forenses de la UNAM, constituye un avance en este terreno, al reunir grabaciones que reflejan la diversidad sociodemográfica y lingüística de hablantes de la Ciudad de México. A partir de un caso práctico se muestra que una selección adecuada de la población mejora la capacidad discriminativa de la RV, mientras que elecciones inadecuadas distorsionan las conclusiones. En consecuencia, el desarrollo de corpus orales estandarizados y representativos es una condición indispensable para consolidar la comparación forense de voz.

Palabras clave: Comparación Forense de Voz; Paradigma Bayesiano; Razón de Verosimilitud; Bases de datos; Evaluación de la evidencia

Abstract

Forensic science is undergoing a paradigm shift in the evaluation of forensic evidence, driven by the need to transition from subjective methods to approaches based on quantitative characteristics and statistical models. Within this context, the Bayesian paradigm provides a logical framework for interpreting evidence. Its purpose is to contrast, through the use of the likelihood ratio (LR), two competing hypotheses: the prosecution's hypothesis, which states that the sample of questioned origin comes from the same source as the sample of known origin, and the defense's hypothesis, which states that the sample of questioned origin does not come from the same source as the sample of known origin.

The likelihood ratio requires information about both the similarity and the typicality of the characteristics being compared between the samples. In particular, estimating typicality requires knowledge of how these characteristics are distributed in the population to which the offender's recording belongs. At this stage, databases play a central role.

This work highlights the importance of databases in forensic voice comparison. The Corpus de Lengua Oral del Español de México (CLOE), compiled at the National School of Forensic Sciences at UNAM, represents significant progress in this field, as it collects recordings that reflect the sociodemographic and linguistic diversity of speakers from Mexico City. A practical case demonstrates that the likelihood ratio (LR) performs better when the reference population is appropriately selected, whereas inadequate choices distort the results and compromise the LR's performance. Therefore, the development of standardized and representative speech corpora is essential for advancing and consolidating forensic voice comparison.

Key words: Forensic voice comparison; Bayesian paradigm; Likelihood Ratio; Databases; Evaluation of forensic evidence

Introducción

Las ciencias forenses atraviesan un cambio de paradigma impulsado por el uso de información cuantitativa y modelos estadísticos. En este artículo se examina el papel de las bases de datos en la comparación forense de voz, un campo en el que el juicio subjetivo de los expertos resulta insuficiente. Para ello, se expone el proceso de construcción de la Razón de Verosimilitud (RV), herramienta que permite a jueces y tribunales tomar decisiones mejor fundamentadas al valorar la evidencia disponible en un proceso judicial.

A lo largo del texto se explica cómo se construye la RV y de qué manera contribuye a determinar si un audio de origen desconocido puede atribuirse a un sospechoso. La RV se formula como un cociente de dos probabilidades, lo que pone en primer plano la necesidad de contar con bases de datos de calidad, ya que en particular el denominador depende de la representatividad de la población de referencia. Si los datos son insuficientes o presentan deficiencias, aumenta el riesgo de obtener resultados inciertos que comprometan la solidez de la interpretación pericial.

Por lo tanto, la discusión trasciende el plano técnico y se conecta con los consensos alcanzados en la comunidad científica sobre la necesidad de comunicar los resultados de manera clara y responsable.

El objetivo es que la presentación de la RV refleje, con precisión, el peso de la evidencia en contextos reales (1,2).

Antecedentes

Las bases de datos son útiles en el ámbito forense porque permiten asignar peso a la evidencia recolectada en una investigación. Un ejemplo se encuentra en la genética, en donde los datos permiten calcular la frecuencia de perfiles de ADN y, con ello, establecer la probabilidad de coincidencia entre una muestra dubitada y una indubitada (3–6). No obstante, existen otras disciplinas como la dactiloscopia, la balística y el análisis de voz, en las que las bases de datos también resultan fundamentales. Esto es especialmente cierto si consideramos a estas disciplinas como áreas que utilizan métodos de comparación de características; en genética la comparación de alelos; en dactiloscopia, la de crestas y minucias; en balística, la de estrías; y en el análisis de voz, la de parámetros acústicos.

Este tipo de métodos de comparación de características se puede clasificar en objetivos y subjetivos, según el documento *Forensic Science in Criminal Courts: Ensuring Scientific Validity of Feature-Comparison Methods*, presentado al presidente de los Estados Unidos, Barack Obama, en 2016 (7). Según dicho reporte:

“By objective feature-comparison methods, we mean methods consisting of procedures that are each defined with enough standardized and quantifiable detail that they can be performed by either an automated system or human examiners exercising little or no judgment. By subjective methods, we mean methods including key procedures that involve significant human judgment—for example, about which features to select within a pattern or how to determine whether the features are sufficiently similar to be called a probable match (7: p.5)”¹

En este mismo documento (7: p.88) se señala que, en el caso de dactiloscopia, el recurso más importante para impulsar el desarrollo de métodos objetivos es la generación de bases de datos que incluyan impresiones de distinta calidad e integridad. Esto se debe a que, mientras que las impresiones conocidas suelen contar con una buena calidad llegando a tener hasta impresiones de los diez dedos capturadas en un entorno controlado, las impresiones latentes encontradas en un lugar de la investigación suelen ser incompletas y de calidad variable, dependiendo de factores como la superficie y la mecánica de contacto.

Es así como, en los métodos de comparación de características surge un cuestionamiento fundamental: una vez que se ha establecido algún tipo de correspondencia entre el material encontrado en el lugar de la investigación y el material asociado con un sospechoso, ¿cuál es el tipo de base de datos más relevante que debería utilizarse para evaluar el peso de la evidencia? Por ejemplo, ¿sería preferible una base de datos con observaciones realizadas sobre material dejado en diferentes casos?, ¿o una base

¹Los métodos objetivos de comparación de características, son aquellos que consisten en procedimientos estandarizados y cuantificables con suficiente detalle como para que puedan ser realizados por un sistema automatizado o por expertos humanos ejerciendo poco o ningún juicio. Por métodos subjetivos, nos referimos a aquellos que incluyen procedimientos clave que implican un juicio humano significativo; por ejemplo, sobre qué características seleccionar dentro de un patrón o cómo determinar si las características son lo suficientemente similares como para considerarse una posible coincidencia.

de datos de observaciones realizadas sobre sospechosos de delitos de esa naturaleza? o bien, ¿existiría algún otro tipo de estudio más apropiado? (8).

Este tipo de interrogantes son precisamente las que se plantean en el ámbito de la comparación forense de voz, donde la pertinencia y representatividad de las bases de datos resultan determinantes para la adecuada valoración de la evidencia. Morrison (9) advierte que la falta de bases de datos adecuadas constituye el principal obstáculo para la realización de peritajes en comparación forense de voz. Ante la pregunta de si se han realizado estudios orientados a establecer frecuencias de referencia (como ocurre en el caso de genética) de las características acústicas que se comparan en distintas condiciones, la respuesta es negativa. El autor destaca que son pocas, o prácticamente inexistentes, las bases de datos que cumplen con los criterios generales necesarios para llevar a cabo una comparación forense de voz.

Ante esta situación, conviene reflexionar: ¿por qué las bases de datos son esenciales para la comparación forense de voz?, y ¿qué impacto tienen en el peso que se les asignan a las evidencias?

Enfoque cuantitativo en el análisis de voz

La comparación de voz, al igual que otras disciplinas forenses, atraviesa lo que varios autores han denominado un “cambio de paradigma” en la práctica pericial e.g. (10,11). Este cambio consiste en la transición de los métodos basados principalmente en la percepción y el juicio subjetivo de los expertos, hacia enfoques fundamentados en mediciones cuantitativas y modelos estadísticos. El objetivo de este cambio es que las conclusiones periciales sean reproducibles, permitan minimizar el sesgo de quien investiga y adopten una metodología que pueda ser validada por otras personas.

En el caso específico del análisis de voz, este proceso se refleja en la creciente adopción de sistemas de comparación forense que integran datos cuantitativos, técnicas estadísticas y métricas de evaluación. Por ejemplo, en el artículo publicado por Morrison (12), se menciona que actualmente nos encontramos en medio de una transformación en la manera en que se evalúa y presenta la evidencia en las ciencias forenses. Este cambio implica una transición hacia el paradigma bayesiano, particularmente en aquellas disciplinas que utilizan métodos de comparación de características, como el análisis forense de voz.

Evet (13) sostiene que el enfoque bayesiano proporciona un marco lógico para la interpretación de la evidencia, basado en un concepto probabilístico aplicado a la inferencia forense. Para cualquier científico debe ser un principio rector no especular acerca de una hipótesis sin considerar, al menos, otra hipótesis posible; este mismo criterio es igualmente válido en la ciencia forense. En este sentido, el juez no debe limitarse a la hipótesis planteada por la fiscalía o Ministerio Público (MP), debe también considerar la hipótesis de la defensa. La decisión entre una u otra debe apoyarse en la evidencia disponible y una vía para lograrlo es cuantificar comparativamente la probabilidad de cada hipótesis.

La razón de verosimilitud (likelihood ratio en inglés), constituye una herramienta central del teorema de Bayes² y ofrece un criterio formal para contrastar dos explicaciones alternativas. Por un lado, mide la probabilidad de obtener las características observadas en la muestra de origen conocido y en la

² El Teorema de Bayes es una aplicación directa de la probabilidad condicional, que permite conocer la condición en probabilidades, es decir, si conocemos la probabilidad de un evento A dado otro evento B; se podrá calcular la probabilidad de B dado A. (24)

muestra de origen cuestionado bajo la hipótesis de que ambas proceden del mismo origen (hipótesis del fiscal o MP); por el otro, cuantifica la probabilidad de obtener dichas características bajo la hipótesis de que provienen de diferente origen (hipótesis de la defensa). Esto se expresa de la siguiente manera:

$$RV = \frac{p(E|H_{mo})}{p(E|H_{do})}$$

Donde RV es la razón de verosimilitud; E representa la evidencia (por ejemplo, las características acústicas medidas y analizadas en las grabaciones); H_{mo} denota la hipótesis del fiscal o MP, que sostiene que las muestras de voz tienen el mismo origen; y H_{do} se refiere a la hipótesis de la defensa, que sostiene que las muestras de voz tienen diferente origen.

El resultado de este cociente de probabilidades respalda una u otra hipótesis. Valores mayores a 1 apoyan la hipótesis del fiscal o MP; mientras que valores menores a 1 apoyan la hipótesis de la defensa. La magnitud de la desviación de la razón de verosimilitud (RV) respecto al valor 1 determina el peso que la evidencia proporciona a las hipótesis que se están contrastando.

Por ejemplo, Evett (13) propone una escala verbal en la que los valores de RV entre 1 y 10 indican un apoyo limitado a la hipótesis del fiscal o MP; entre 10 y 100, un apoyo moderado; entre 100 y 1000, un apoyo moderadamente fuerte; 1000 a 10000, un fuerte apoyo; y mayores a 10000, un apoyo muy fuerte a dicha hipótesis (H_{mo}).

Morrison (14), por su parte, señala que resulta más conveniente convertir estos valores a logaritmos con base 10, de modo que el peso de la evidencia se exprese en una escala simétrica respecto de cero, y propone la siguiente:

<i>RV</i>	1/1000	1/100	1/10	1	10	100	1000
$\log_{10}(RV)$	-3	-2	-1	0	1	2	3

Tabla 1. Conversión de razones de verosimilitud (RV) a razones de verosimilitud logarítmicas en base 10. (14)

Ahora bien, el cálculo del numerador (es decir, de la hipótesis que postula el mismo origen) se basa en la probabilidad de encontrar determinadas características acústicas si la muestra de origen cuestionado y la muestra de origen conocido fueron producidas por el mismo hablante, lo que se suele llamar similitud. En contraste, el cálculo del denominador se basa en la probabilidad de hallar las características de la muestra cuestionada y la muestra de origen conocido, considerando que esta última pudo haber sido producida por cualquier otro hablante de la población (tipicidad). Es precisamente en este punto donde surge la necesidad de conocer la probabilidad de que determinadas características acústicas, se presenten en la población a la cual pertenece el hablante de la muestra cuestionada.

En comparación forense de voz esta población se denomina población de referencia o población relevante. Morrison y otros (1) la describen como aquella de la cual procede el hablante de la muestra cuestionada, en caso de que no fuera el sospechoso. Señalan que, dependiendo de las circunstancias de cada caso, la población de referencia puede abarcar un grupo grande de hablantes (por ejemplo, hablantes nativos de la Ciudad de México), hasta un grupo reducido (como los integrantes de una banda de secuestradores), o incluso un solo hablante distinto del sospechoso (por ejemplo, su hermano gemelo).

De acuerdo con Morrison y otros (1), el experto que realiza una comparación forense de voz debe especificar las características de la población de referencia que utilizó en el cálculo de la razón de verosimilitud, y esta población debe reflejar de manera adecuada las condiciones de las grabaciones del hablante cuestionado y del hablante conocido. Contar con una población que refleje las condiciones del caso constituye un elemento esencial en el cálculo de la razón de verosimilitud. De ahí la importancia de contar con bases de datos que sean representativas de las diferentes condiciones que puedan presentarse en un caso.

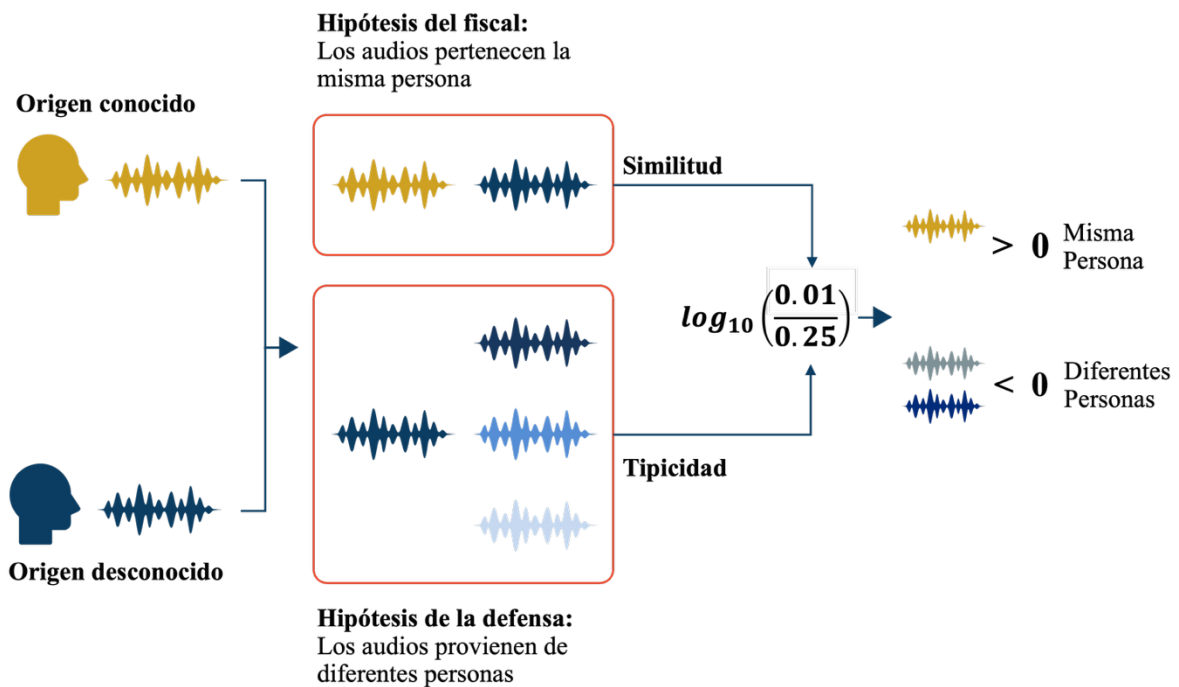


Figura 1. Ejemplo simulado de la representación del proceso de comparación forense de voz.

Ahora bien, ¿de qué forma pueden comunicarse o presentarse los resultados de una comparación forense de voz para que sean claros y útiles? En respuesta a ello, la comunidad científica especializada en este campo ha alcanzado consensos importantes respecto a la validación de los resultados en condiciones de casos reales (1). Para ello, se han propuesto métricas y representaciones gráficas como el Tippett plot o el costo del logaritmo de la razón de verosimilitud (Cllr), conocido en inglés como log-likelihood-ratio cost.

El *Tippett plot* muestra la distribución de los valores del logaritmo de la razón de verosimilitud que se obtienen al comparar muestras del mismo hablante y muestras de diferente hablante, a partir de un conjunto de datos de validación que reproducen las condiciones del caso. En este gráfico, el lado negativo del eje de las x 's representa la proporción de casos en los que se obtienen determinados valores de $\log_{10}(RV)$ cuando las muestras provienen de hablantes diferentes (diferente origen); mientras que el lado positivo representa la proporción de casos en los que se obtienen valores de $\log_{10}(RV)$ cuando las muestras corresponden al mismo hablante (mismo origen). Así, en el eje x se grafican los valores de $\log_{10}(RV)$ y en el eje y la probabilidad acumulada de dichos valores.

Una buena discriminación entre las hipótesis que se ponen en contraste (mismo origen versus distinto origen) se observa cuando las dos curvas muestran una mayor separación y presentan una

pendiente más suave, como se aprecia en la Figura 2: simulación realizada en R project (15), la cual se generó a partir de las descripciones metodológicas presentadas por Morrison (16), con el objetivo de ilustrar de manera idealizada la separación entre las hipótesis de mismo origen y distinto origen.

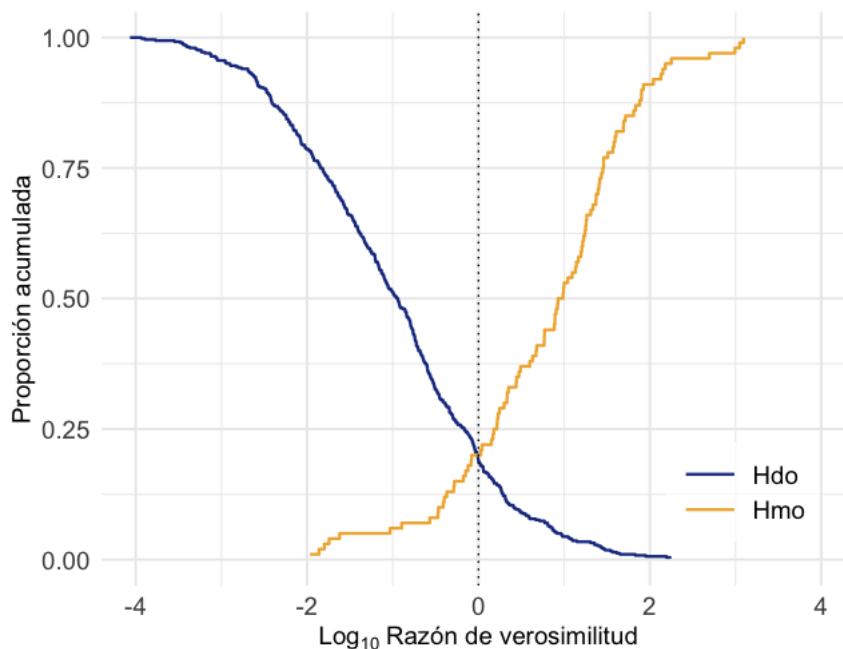


Figura 2. Ejemplo de Tippett plot con datos simulados

Además de la representación gráfica que ilustra el grado de discriminación del modelo empleado para contrastar las hipótesis a partir de un conjunto de datos de validación, se ha propuesto utilizar otras métricas complementarias. Entre ellas está el Cllr, que permite evaluar la calidad de los resultados obtenidos al comparar pares de grabaciones de un mismo hablante y de hablantes diferentes. En este sentido, cuando se comparan dos grabaciones del mismo hablante, se esperan valores de $\log_{10}(RV)$ superiores a 1; por el contrario, al comparar grabaciones de diferentes hablantes, se esperan valores menores a 1.

Para la aplicación de métricas como el Cllr, también se llevan a cabo procedimientos generales que utilizan un conjunto de pares de muestras de prueba del mismo y diferente origen, que son analizadas a través de un modelo estadístico. Estas muestras se evalúan en función del desempeño del modelo. El Cllr refleja el valor medio de los costos de ambos conjuntos de comparaciones, de modo que valores más bajos indican un mejor desempeño del modelo. En sistemas de comparación forense de voz bien calibrados, los valores de Cllr se sitúan en el rango de 0 hasta aproximadamente 1 (1).

Bases de datos para la comparación forense de voz

Desde el punto de vista estadístico, una base de datos se entiende como la codificación de los atributos de un conjunto de unidades de análisis. Tradicionalmente, se organiza en filas y columnas, donde las filas corresponden a los casos y las columnas a las variables que los describen. Para cumplir su función, una base de datos debe responder a una necesidad específica de información, reunir un número suficiente de registros que reflejen la diversidad de las unidades de estudio y mantener coherencia interna (17). En el caso de una base de datos de vehículos, por ejemplo, es recomendable

definir con claridad el objetivo de la recopilación, garantizar que se incluyan registros suficientes para mostrar sus distintas características y asegurar que todo el contenido se centre exclusivamente en ellos.

Además, existen aspectos fundamentales para asegurar la calidad de una base de datos. Uno de ellos es la reducción al mínimo de valores atípicos o faltantes, ya que su presencia puede distorsionar los resultados y afectar la fiabilidad de los análisis. También es importante documentar el proceso de construcción de la base de datos y especificar los métodos y criterios utilizados en su construcción (18). Todas estas prácticas buscan que los hallazgos, derivados del análisis estadístico, sean válidos para la generación de nuevo conocimiento.

En la comparación forense de voz, las bases de datos adquieren una forma distinta, aunque el principio de mantener una documentación adecuada es igualmente importante. En este caso, en lugar de registros tabulares, lo que se almacena son grabaciones de audio, generalmente en formato .wav, que contienen voces de distintas personas. Estas bases de datos de voz suelen denominarse corpus orales, y su particularidad nos lleva a preguntarnos: ¿cuáles son las condiciones que debe cumplir un corpus oral para ser utilizado en el ámbito forense?

Un primer aspecto se refiere a la representatividad del corpus. Es indispensable considerar las características sociodemográficas de los individuos que serán grabados, por lo que es fundamental que las grabaciones representen de manera adecuada a la población que se pretende estudiar. Esto implica incluir voces de hombres y mujeres, abarcar distintos rangos de edad y contemplar variables adicionales como el origen geográfico, nivel educativo u otros factores que permitan una caracterización más completa de los individuos (19).

El corpus oral también debe ser representativo del tipo de habla que se analiza. Una grabación puede provenir de habla espontánea, como ocurre en una conversación entre dos personas, de la lectura de un texto o de una interacción telefónica. La literatura ha mostrado que estas diferencias generan variaciones en las frecuencias acústicas, lo que repercute en los análisis posteriores. Por ejemplo, Nakamura y otros (20) demostraron que la variabilidad de los parámetros acústicos de los fonemas producidos por un hablante es mayor en el habla espontánea que en el habla leída. Por este motivo, los corpus deben incluir grabaciones obtenidas de distintos tipos de habla y, en el ámbito forense, es fundamental considerar que las grabaciones cuestionadas suelen provenir de llamadas telefónicas, lo cual también debe estar representado en el corpus oral.

Ahora bien, en lo que respecta a la calidad de las grabaciones, aunque en el ámbito forense estas suelen ser de baja calidad, en la construcción de un corpus oral se busca obtener registros de buena calidad que sirvan como referencia. Una grabación de buena calidad puede adaptarse posteriormente a condiciones técnicas menos favorables, pero no es posible realizar el proceso inverso. Por esta razón, se busca que las grabaciones estén libres de ruidos externos o interferencias que disminuyan su claridad. Idealmente, la recolección debe llevarse a cabo en ambientes controlados, como cabinas de audios insonorizadas, y utilizando equipos de grabación que minimicen el ruido medioambiental (21).

Además, el corpus debe contar con un número suficiente de grabaciones que permitan realizar los análisis de manera adecuada. Esto implica asegurar un balance entre las distintas clases representadas en el corpus y garantizar que dichas muestras sean representativas de la población de hablantes a la que se refieren; en este caso, del español de México.

Finalmente, el corpus oral debe cumplir con los aspectos éticos y legales relacionados con el uso de datos personales, por lo que cada grabación debe estar acompañada de su respectivo consentimiento informado.

Caso aplicado: comparación forense de voz

Para comprender con mayor claridad el papel que desempeña el corpus oral en los resultados de una comparación forense de voz, es necesario partir de un hecho clave: la escasez de corpus orales de acceso público. La falta de estos recursos limita la posibilidad de llevar a cabo confrontas sistemáticas, ya que no existe una base que integre de manera suficiente la diversidad acústica del país. En este contexto, el Corpus de Lengua Oral del Español de México³, desarrollado en la ENaCiF, constituye una alternativa relevante, pues reúne grabaciones de hablantes mexicanos que abarcan distintos rangos de edad y condiciones socioeconómicas, con el propósito de ofrecer un banco de voces representativo para aplicaciones forenses.

A partir de este marco, podemos ilustrar su importancia con un caso concreto con datos reales. Para ello, se trabajó con ocho participantes voluntarios — cuatro hombres y cuatro mujeres —, cada uno con cuatro grabaciones: dos en habla espontánea y dos en lectura, lo que sumó 32 audios. Con estas grabaciones se construyeron pares de grabaciones, donde un audio se trató como voz dubitada y el otro como indubitada, que fueron procesados y analizados a través del modelo Gaussian Mixture Model–Universal Background Model (GMM-UBM) (16) en R project (15) y Python (22). El GMM-UBM es un método que analiza un conjunto de vectores numéricos, los cuales describen las características espectrales de la voz del hablante en distintos rangos de frecuencia en intervalos cortos de tiempo. A partir de estos vectores, el sistema construye un modelo de fondo que representa las características acústicas de una población. Cuando se tiene un hablante específico, el modelo se adapta para capturar su forma particular de hablar. Así, cuando se analiza una voz de origen desconocido, el sistema evalúa qué tan probable es que las características acústicas provengan del modelo adaptado (23).

Para analizar el papel del corpus oral (base de datos) como población de referencia utilizamos el CLOE y evaluamos los dos escenarios. En el primero, empleamos exclusivamente voces femeninas tanto en los pares cuestionado–no cuestionado como en la población de referencia. En el segundo, mantuvimos las mismas voces dubitadas e indubitadas, pero utilizamos un conjunto mixto —hombres y mujeres— como población de referencia. Esta comparación permitió contrastar un escenario, donde la población de referencia coincide con las características de la voz dubitada y otro donde esa coincidencia no se cumple.

La estimación de similitud y tipicidad se realizó mediante el modelo GMM-UBM (16), una técnica utilizada en el reconocimiento automático de hablantes y aplicado también en la comparación forense de voz y a otras ramas de la ciencia forense. Este modelo calcula la razón de verosimilitud (RV) a partir de la generación de vectores de datos que obtiene de toda la señal sonora.

En este caso, la voz cuestionada corresponde a una mujer, por lo que lo más adecuado es que la población de referencia esté conformada por mujeres con características sociodemográficas similares a

³ El CLOE México se recopiló en el marco del proyecto PAPIIT IA401419 por el Seminario de Lingüística Forense de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses, UNAM. Para mayor información y consultar sus estadísticas https://www.enacif.unam.mx/selifo/index.php/cloe_mexico/

las de la grabación cuyo origen se encuentra en duda. En estas condiciones, los resultados tienden a ser coherentes, como se aprecia del lado izquierdo en la Figura 3.a, la distribución acumulada de las razones de verosimilitud ($\log_{10}(RV)$) evidencia una separación clara entre las hipótesis: bajo la hipótesis del fiscal, las probabilidades se concentran en valores positivos, mientras que bajo la hipótesis de la defensa se acumulan en valores negativos. Además, la voz cuestionada versus voz conocida, da como resultado $\log_{10}(RV)$ de 2.5, lo que indica una evidencia moderadamente fuerte a favor de que la voz cuestionada pertenezca al hablante femenina de la voz conocida.

En contraste, si no se utiliza una población de referencia adecuada e, incluso, se consideran voces masculinas, se generan distribuciones atípicas que distorsionan la evaluación y reducen la solidez de las conclusiones. En la parte derecha de la Figura 3.b, se observa cómo las curvas de Tippett plot presentan un solapamiento más evidente. La línea correspondiente a la hipótesis del fiscal se desplaza hacia valores negativos, mientras que la curva asociada a la hipótesis la defensa se mantiene en la zona negativos. Esta superposición reduce la capacidad de discriminar entre hipótesis y debilita la interpretación probabilística del resultado, lo cual se corrobora con el valor de $\log_{10}(RV)$ de -0.63, que indican un apoyo limitado a la hipótesis del fiscal.

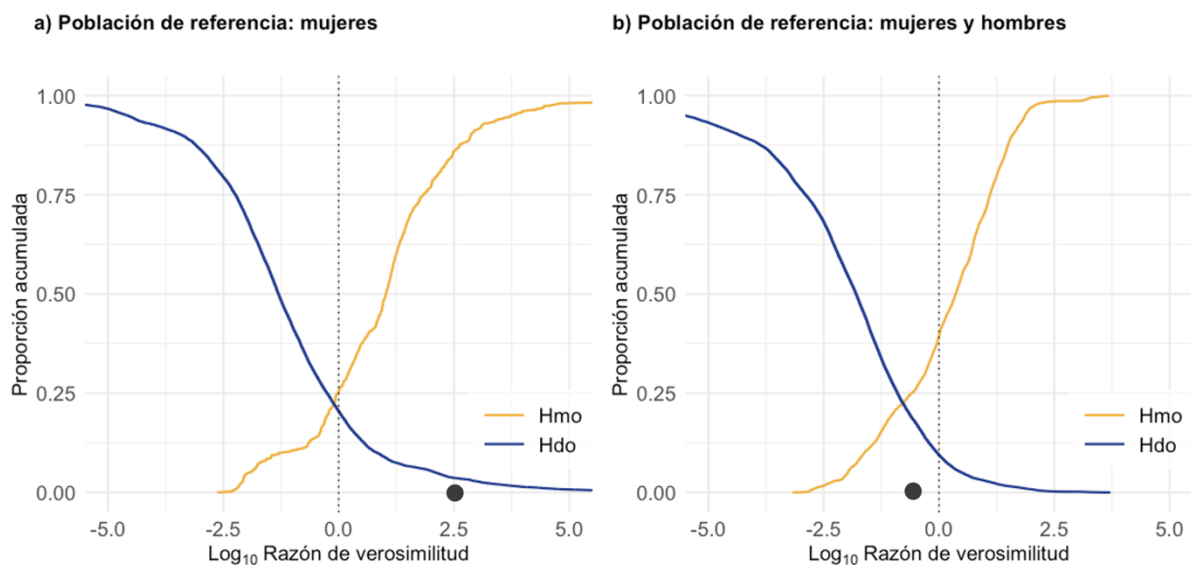


Figura 3. Comparación de datos reales de una voz cuestionada femenina versus voz conocida femenina con dos poblaciones referencia: a) Tippett plot con una población de referencia conformada por mujeres; y b) Tippett plot con una población de referencia conformada por mujeres y hombres.

Esto significa que una mala selección de la población de referencia en el caso analizado provocaría que, al comparar las muestras, la probabilidad de apoyar la hipótesis de la fiscalía o del Ministerio Público (que ambas voces tienen el mismo origen) sea menor únicamente por el hecho de haber utilizado una población inadecuada en el cálculo de la tipicidad. Es importante señalar que una buena selección de la población de referencia sólo es posible si se cuenta con un corpus oral representativo de la población, de modo que la elección pueda realizarse de manera adecuada.

Discusión y conclusiones

A lo largo de este documento se ha expuesto la importancia que tienen las bases de datos en el ámbito forense y, en particular, en la comparación forense de voz. Esta relevancia se ha evidenciado a partir del paradigma bayesiano, adoptado por diversas ciencias forenses y, de manera específica, por la comparación forense de voz. Dicho paradigma ofrece un marco lógico para la interpretación de la evidencia, basado en un enfoque probabilístico aplicado a la inferencia forense.

Este cambio ha permitido la transición de métodos sustentados principalmente en la percepción y el juicio subjetivo de los expertos, hacia enfoques fundamentados en mediciones cuantitativas y modelos estadísticos. De este modo, las conclusiones periciales resultan reproducibles, permiten minimizar el sesgo de quien investiga y se apoyan en una metodología susceptible de ser validada por otras personas.

No obstante, como se señaló previamente en el texto, para que este proceso sea posible resulta indispensable conocer la tipicidad de las características que se están midiendo y a partir de las cuales se ponen en contraste las dos hipótesis consideradas en el marco de la razón de verosimilitud: la hipótesis de la fiscalía, que sostiene que las muestras tienen el mismo origen, y la hipótesis de la defensa, que sostiene que las muestras no tienen el mismo origen.

Para determinar esta tipicidad es necesario contar con bases de datos adecuadas que, en el caso del análisis forense de voz, consisten en grabaciones orales que representen la diversidad acústica de la lengua en cuestión. En nuestro caso, el interés se centra en el español de México.

Mediante un ejemplo práctico, en el que se recurrió al Corpus de Lengua Oral del Español de México (CLOE), recolectado en la ENaCiF, se demostró que, si bien la razón de verosimilitud estimada a través del modelo GMM-UBM (16) constituye un marco sólido para emitir resultados objetivos y probabilísticos, su fiabilidad puede verse comprometida por la falta de representatividad de la base de datos empleada en el cálculo.

En México nos enfrentamos al problema de la carencia de corpus orales que representen de manera adecuada la diversidad acústica de la población mexicana que sean de acceso público y que puedan ser utilizados en evaluaciones periciales. La gran diversidad lingüística, sociocultural y demográfica del país hace indispensable contar con bases de datos capaces de reflejar esa heterogeneidad. Sin este esfuerzo, los modelos estadísticos corren el riesgo de sustentarse en muestras reducidas o sesgadas que no corresponden a las condiciones reales de los hablantes.

El desafío es considerable, pues la comparación forense de voz converge en un principio esencial: sin bases de datos pertinentes, la razón de verosimilitud pierde fiabilidad como herramienta interpretativa. Incluso los modelos estadísticos más sofisticados dependen de la validez empírica de los datos de referencia. Por ello, la construcción de corpus orales representativos y estandarizados constituye una condición indispensable para garantizar que el análisis forense de voz proporcione evidencia sólida en el ámbito judicial.

En este sentido, el futuro de la comparación forense de voz no solo depende del perfeccionamiento de los modelos estadísticos, sino, de la consolidación de bases de datos que reflejen la diversidad lingüística y contextual de cada comunidad. Solo a través de este esfuerzo colectivo será posible fortalecer la solidez científica de la disciplina y garantizar que sus aportaciones tengan un impacto real en la búsqueda de justicia.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias al proyecto IH-2025-I-106 apoyado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en el año 2025. Además, este trabajo forma parte de una investigación realizada desde un enfoque estadístico gracias al Programa UNAM-PAPIIT IA101726. Finalmente, la tercera autora agradece el respaldo del proyecto SECIHTI 7144.

Disponibilidad de los datos

Los datos y los códigos empleados en los análisis de este estudio están disponibles a solicitud dirigida a la autora de correspondencia.

Uso de herramientas de Inteligencia Artificial

En la elaboración del presente artículo se ha empleado una herramienta basada en Grandes Modelos del Lenguaje (LLM) ChatGPT (OpenAI) como apoyo en diversas fases de la investigación y redacción. Su uso ha sido de carácter estrictamente complementario, con el objetivo de optimizar la eficiencia y la calidad del documento, y en ningún momento ha sustituido el trabajo intelectual, el juicio crítico ni la responsabilidad académica de los autores. Por lo que la autoría y responsabilidad final sobre la totalidad del contenido recae, de manera íntegra, en los autores de este trabajo.

Las funciones para las que se utilizó este tipo de herramienta fueron: el apoyo en la redacción y mejora del estilo del texto, la reformulación de ciertos pasajes para lograr una mayor claridad expositiva y la verificación de coherencia terminológica a lo largo del documento.

Referencias

1. Morrison GS, Enzinger E, Hughes V, Jessen M, Meuwly D, Neumann C, et al. Consensus on validation of forensic voice comparison. *Science & Justice*. 2021;61(3):299–309.
2. Bali AS, Edmond G, Ballantyne KN, Kemp RI, Martire KA. Communicating forensic science opinion: An examination of expert reporting practices. *Science & Justice* [Internet]. 2020;60(3):216–24. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355030619302102>
3. Balding DJ, Nichols RA. DNA profile match probability calculation: how to allow for population stratification, relatedness, database selection and single bands. *Forensic Sci Int* [Internet]. 1994;64(2):125–40. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0379073894902224>
4. Budowle B, Moretti TR, Baumstark AL, Defenbaugh DA, Keys KM. Population Data on the Thirteen CODIS Core Short Tandem Repeat Loci in African Americans, U.S. Caucasians, Hispanics, Bahamians, Jamaicans, and Trinidadians. *Journal of Forensic Sciences* 1972–2005 [Internet]. el 1 de noviembre de 1999;44(6):1277–86. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/JFS14601J>

5. Budowle B, Shea B, Niezgoda S, Chakraborty R. CODIS STR Loci Data from 41 Sample Populations. *Journal of Forensic Sciences* 1972-2005 [Internet]. el 1 de mayo de 2001;46(3):453–89. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/JFS14996J>
6. Steele CD, Balding DJ. Choice of population database for forensic DNA profile analysis. *Science & Justice* [Internet]. 2014;54(6):487–93. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355030614001336>
7. President's Council of Advisors on Science, (PCAST) T. Forensic Science in Criminal Courts: Ensuring Scientific Validity of Feature-Comparison Methods [Internet]. 2016 sep. Disponible en: https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_forensic_science_report_final.pdf
8. Champod C, Evett IW, Jackson G. Establishing the most appropriate databases for addressing source level propositions. *Science & Justice* [Internet]. 2004;44(3):153–64. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355030604717086>
9. Morrison G. Response to the Forensic Science Questions Posed by the President's Council of Advisors on Science and Technology. 2015.
10. Koehler JJ, Mnookin JL, Saks MJ. The scientific reinvention of forensic science. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [Internet]. el 10 de octubre de 2023;120(41):e2301840120. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.2301840120>
11. Morrison GS. Advancing a paradigm shift in evaluation of forensic evidence: The rise of forensic data science. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2022;5:100270. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589871X22000559>
12. Morrison GS, Enzinger E. Introduction to forensic voice comparison. 2019;
13. Evett IW. Towards a uniform framework for reporting opinions in forensic science casework. *Science & Justice*. 1998;3(38):198–202.
14. Morrison GS. Measuring the validity and reliability of forensic likelihood-ratio systems. *Science & Justice*. 2011;51(3):91–8.
15. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria; 2025. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
16. Morrison GS. A comparison of procedures for the calculation of forensic likelihood ratios from acoustic-phonetic data: Multivariate kernel density (MVKD) versus Gaussian mixture model-universal background model (GMM-UBM). *Speech Commun*. 2011;53(2):242–56.
17. Wang J, Liu Y, Li P, Lin Z, Sindakis S, Aggarwal S. Overview of Data Quality: Examining the Dimensions, Antecedents, and Impacts of Data Quality. *Journal of the Knowledge Economy* [Internet]. 2024;15(1):1159–78. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13132-022-01096-6>
18. Enders CK. Applied missing data analysis. Guilford Publications; 2022.
19. Hughes V, Foulkes P. What is the relevant population? Considerations for the computation of likelihood ratios in forensic voice comparison. En: *Proceedings of Interspeech 2017*. 2017.

20. Nakamura M, Iwano K, Furui S. Differences between acoustic characteristics of spontaneous and read speech and their effects on speech recognition performance. *Comput Speech Lang* [Internet]. 2008;22(2):171–84. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885230807000459>
21. Bottalico P, Codino J, Cantor-Cutiva LC, Marks K, Nudelman CJ, Skeffington J, et al. Reproducibility of Voice Parameters: The Effect of Room Acoustics and Microphones. *Journal of Voice* [Internet]. 2020;34(3):320–34. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892199718304338>
22. Van Rossum G, Drake FL. Python 3 reference manual [Internet]. CreateSpace; 2009. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/1593511>
23. Reynolds DA, Quatieri TF, Dunn RB. Speaker Verification Using Adapted Gaussian Mixture Models. *Digit Signal Process* [Internet]. 2000;10(1):19–41. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1051200499903615>
24. Canavos GC, Medal EGU. Probabilidad y estadística. McGraw Hill México; 1987.

Embarazo ectópico tubárico de segundo trimestre: diagnóstico post-mortem e implicaciones médico-legales

Martínez Gómez José Steven¹✉

¹Poder Judicial / Universidad de Costa Rica: San José, Costa Rica

✉ jsmartinez@poder-judicial.go.cr

Datos del artículo

Cita

Martínez Gómez JS.
Embarazo ectópico
tubárico de segundo
trimestre: diagnóstico
post-mortem e
implicaciones médico-
legales. ReCiF.
2026;(1):41-46.

Editor

Alejandra Mercado
Salomón

Revisión por pares

Uno

Recibido

17/enero/2026

Aceptado

24/febrero/2026

Publicado

30/abril/2026

Creative Commons

Atribución: CC-BY-NC-SA
4.0 Internacional

Resumen

El embarazo ectópico continúa siendo una causa relevante de morbilidad y mortalidad materna, especialmente cuando no se identifica de manera oportuna. La ruptura tubárica durante el segundo trimestre del embarazo es un evento excepcional y frecuentemente fatal, dado que la mayoría de los embarazos ectópicos se rompen durante las primeras diez semanas de gestación. Se presenta el caso de una mujer de 18 años que sufrió un colapso súbito durante una actividad familiar y falleció pese a maniobras avanzadas de reanimación. La autopsia médico-legal evidenció un hemoperitoneo masivo secundario a la ruptura de un embarazo ectópico tubárico derecho, con un feto de 17–19 semanas de gestación contenido dentro de membranas amnióticas íntegras. El útero y el canal cervical no mostraban signos de manipulación, y los estudios toxicológicos resultaron negativos, confirmándose una muerte natural por choque hipovolémico secundario a hemorragia intraabdominal. Este caso resalta la importancia de diferenciar adecuadamente eventos obstétricos naturales de sospechas de aborto inducido o provocado, así como el valor de la autopsia en la correcta determinación de la causa y manera de muerte y en la vigilancia epidemiológica de la mortalidad materna.

Palabras clave: embarazo ectópico; autopsia forense; mortalidad materna; choque hipovolémico; medicina legal

Abstract

Ectopic pregnancy remains a significant cause of maternal morbidity and mortality, particularly when not identified in a timely manner. Tubal rupture during the second trimester of pregnancy is an exceptionally rare and often fatal event, as most ectopic pregnancies rupture within the first ten weeks of gestation. We report the case of an 18-year-old woman who experienced sudden collapse during a family activity and died despite advanced resuscitation efforts. Medico-legal autopsy revealed massive hemoperitoneum due to rupture of a right tubal ectopic pregnancy, with a 17–19-week fetus enclosed within intact amniotic membranes.

The uterus and cervical canal showed no evidence of manipulation, and toxicological analyses were negative, confirming a natural death due to hypovolemic shock secondary to massive intra-abdominal hemorrhage. This case highlights the importance of distinguishing natural obstetric events from suspected induced abortion and underscores the critical role of autopsy in accurately determining the cause and manner of death and in maternal mortality surveillance.

Key words: ectopic pregnancy; forensic autopsy; maternal mortality; hypovolemic shock; legal medicine

Introducción

El embarazo ectópico es una causa bien reconocida de mortalidad materna prevenible a nivel mundial (1). Más del 95% de las gestaciones ectópicas ocurren en las trompas de Falopio, con ruptura típicamente dentro de las primeras 10 semanas de gestación (2,3). La ruptura más allá del primer trimestre es extremadamente rara y con frecuencia resulta en hemorragia catastrófica (4). Estos casos son particularmente relevantes en contextos forenses debido a que el colapso súbito, el embarazo y la hemorragia interna masiva pueden generar sospechas de aborto inducido o criminal (5). Este reporte documenta un embarazo ectópico tubárico de segundo trimestre diagnosticado post-mortem, destacando su rareza clínica y relevancia médico-legal.

Reporte de caso

Una mujer de 18 años, previamente sana y sin antecedentes de consumo de sustancias, tuvo un síncope durante una actividad familiar después de presentar náuseas, diaforesis y palidez. Fue trasladada a un hospital regional y posteriormente referida a un centro médico de tercer nivel, donde se documentó con cianosis y sin pulsos palpables. A pesar de 30 minutos de reanimación avanzada, no se logró retorno de circulación espontánea y se declaró fallecida.

Dado el contexto inicial, el caso fue catalogado como una muerte súbita y remitido a la Sección de Patología Forense del Organismo de Investigación Judicial (OIJ). No obstante, tras el análisis retrospectivo de la información clínica disponible, el caso cumplía criterios para la realización de una autopsia hospitalaria y no médico-legal, de conformidad con lo establecido en la jurisprudencia a nivel nacional. Sin embargo, debido a una omisión en la información suministrada por el centro médico al momento de la consulta telefónica inicial con el perito, el caso fue aceptado y procesado como una muerte súbita en dicha Sección.

Hallazgos de autopsia forense

El examen externo correspondió a una mujer joven de 159 cm de estatura y 86 kg de peso, con abdomen grávido y simétrico. La exploración interna evidenció aproximadamente 3000 mL de hemoperitoneo y ruptura de la trompa de Falopio derecha con tejido placentario extruido (Figura 1).

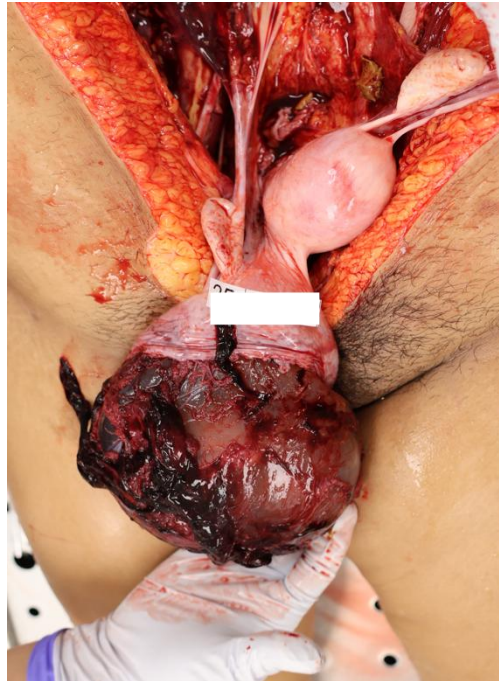


Figura 1. Ruptura de la trompa de Falopio derecha con hemoperitoneo masivo observada durante la autopsia forense.

El útero estaba íntegro, conteniendo membranas amnióticas y un feto flotando dentro del saco gestacional (Figura 2). El feto medía 22 cm de vértex-talón y pesaba 267 g, compatibles con 17–19 semanas de gestación (Figura 3). No presentaba malformaciones externas. El análisis toxicológico fue negativo para alcohol y congéneres, drogas de abuso y drogas en general.

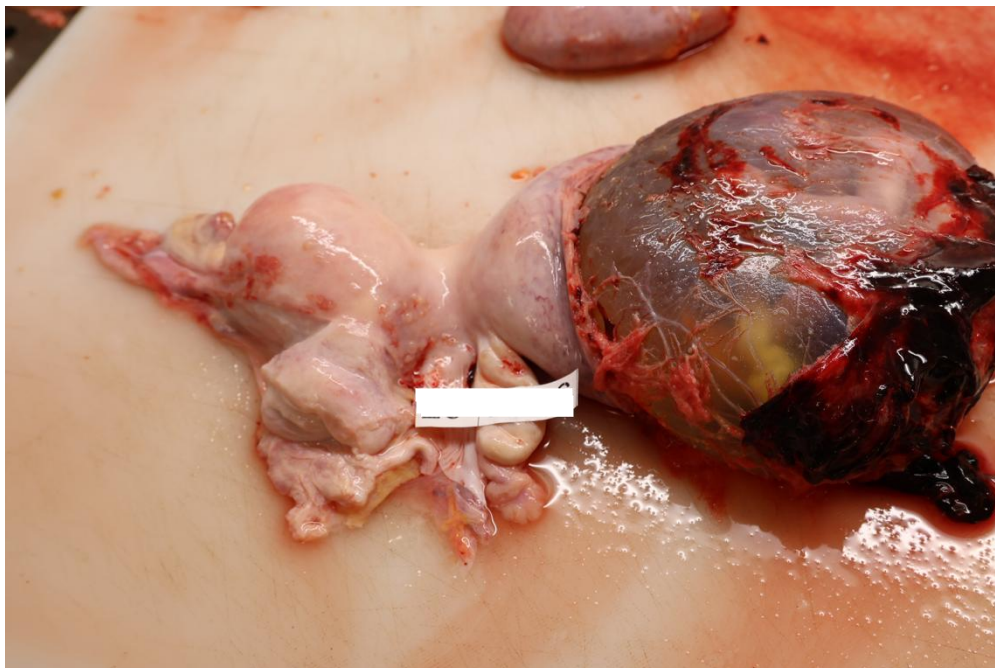


Figura 2. Útero y anexos derechos que muestran un embarazo ectópico tubárico con saco gestacional y membranas amnióticas íntegras.



Figura 3. Feto extraído del saco gestacional, con características morfológicas compatibles con una edad gestacional estimada de 17–19 semanas.

La causa de muerte fue choque hipovolémico secundario a hemoperitoneo por embarazo tubárico derecho roto. La manera de muerte se clasificó como natural.

Discusión

Los embarazos ectópicos tubáricos de segundo trimestre son excepcionalmente raros y representan un desafío diagnóstico para los clínicos, así como un desafío interpretativo para los médicos legistas. La mayoría de los embarazos tubáricos se rompen durante el primer trimestre debido a la limitada distensibilidad tubárica; por lo tanto, la progresión más allá de las 12–14 semanas requiere circunstancias anatómicas o fisiológicas inusuales. Algunos autores sugieren que la elasticidad parcial de la trompa, la invasión trofoblástica incompleta o la implantación cerca de la unión ístmico-ampular podrían retrasar temporalmente la ruptura (4). Sin embargo, cuando la ruptura ocurre en edades gestacionales avanzadas, la hemorragia suele ser más severa, como en este caso con aproximadamente 3000 mL de sangre intraperitoneal.

Las muertes maternas asociadas con el embarazo requieren una investigación meticulosa debido a sus implicaciones sociales, éticas y legales. En países con legislación restrictiva en torno al aborto, la muerte súbita de una mujer embarazada suele generar sospecha de aborto inducido o procedimientos clandestinos. Lo anterior refuerza la importancia de identificar hallazgos clave en la clínica y posteriormente en la autopsia que diferencien eventos obstétricos naturales de intervenciones externas. Entre los hallazgos que apoyan una ruptura ectópica natural destacan: un útero intacto sin evidencia de instrumentalización, canal cervical no manipulado, implantación placentaria fuera de la cavidad uterina y feto contenido dentro de membranas íntegras. Estos elementos, presentes en este caso, son esenciales para excluir inducción mecánica, farmacológica o traumática (6).

La literatura señala que los diagnósticos omitidos de embarazo ectópico se relacionan frecuentemente con la falta de control prenatal, síntomas atípicos y acceso tardío a servicios de emergencia (7). En este caso, la paciente tenía fecha de última menstruación desconocida, ausencia de registros prenatales y síntomas inespecíficos (náuseas, diaforesis, palidez), factores que pudieron contribuir al retraso diagnóstico. Aunque los embarazos tubáricos de segundo trimestre son prácticamente imposibles de diagnosticar clínicamente debido a su rareza, este caso resalta la necesidad de mantener un alto índice de sospecha ante el dolor y otros síntomas abdominales agudos en pacientes embarazadas.

La normativa vigente en Costa Rica indica que, para el manejo de las personas que fallecen por causas obstétricas se les debe realizar una autopsia de tipo hospitalaria, cuando existan dudas diagnósticas para su certificación, y que aún con un sustento de estudios de gabinete y laboratorio, estos no logren caracterizar suficientemente la enfermedad (8, 9). Asimismo, en el año 2018, se actualizó un Decreto Ejecutivo sobre el Reglamento sobre el Sistema Nacional de Evaluación y Análisis de la Mortalidad Materna, en donde se estableció que son obligatorias las autopsias hospitalarias de muertes maternas e infantiles, con excepción de aquellas que aplican para la ejecución de autopsia médico legal, y en esto incluye el fallecimiento de una mujer que ocurre durante el embarazo o dentro de los 42 días posteriores a su finalización, sin importar la duración ni la localización anatómica del embarazo, siempre que la muerte sea consecuencia de una causa vinculada o agravada por el estado gestacional o por la atención recibida durante este, excluyéndose aquellas muertes atribuibles a causas accidentales o incidentales (9).

Finalmente, es importante recalcar la importancia de conocer la normativa establecida a nivel nacional, y que esto colabore a un adecuado análisis de la mortalidad materna a nivel nacional. También la correcta integración de la información clínica con hallazgos detallados de la autopsia permite una comprensión más integral de las muertes maternas y fortalece la certeza médica y legal en su interpretación.

Conclusión

El embarazo ectópico tubárico de segundo trimestre constituye una causa excepcional y altamente letal de muerte materna súbita, cuyo diagnóstico clínico previo al desenlace suele ser difícil o inexistente. Este caso demuestra el papel fundamental de la autopsia exhaustiva en la correcta determinación de la causa y manera de muerte, permitiendo diferenciar eventos obstétricos naturales de posibles intervenciones ilícitas y evitando interpretaciones erróneas con implicaciones legales. Asimismo, resalta la importancia de la adecuada integración entre la información clínica, los hallazgos anatomopatológicos y la normativa vigente, contribuyendo no solo a la certeza médico-legal, sino también a la correcta clasificación y vigilancia epidemiológica de la mortalidad materna.

Conflictos de interés: El autor declara no tener conflictos de interés.

Declaración de ética

El presente trabajo corresponde al análisis de un caso médico-legal post-mortem realizado en el marco de las funciones institucionales del Organismo de Investigación Judicial de Costa Rica. De acuerdo con la normativa nacional vigente, este tipo de estudios no requiere aprobación por un comité de ética en investigación ni la obtención de consentimiento informado. Se garantizó la confidencialidad y anonimización de la información.

Las imágenes presentadas no contienen datos que permitan la identificación de la persona fallecida y cumplen con los principios de confidencialidad.

Uso de inteligencia artificial

Se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa tipo ChatGPT, OpenAI, únicamente como soporte en la elaboración de la estructura lingüística del manuscrito (redacción, traducción y corrección de estilo). No se delegó en dichas herramientas la interpretación médico-legal, el análisis de los hallazgos de autopsia ni la construcción de las conclusiones. La totalidad del contenido científico corresponde al criterio y responsabilidad de los autores.

Referencias

1. Papageorgiou D, Sapantzoglou I, Prokopakis I, Zachariou E. Tubal ectopic pregnancy: From diagnosis to treatment. *Biomedicines*. 2025;13(6):1465. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13061465>
2. Mullany K, Minneci M, Monjazebe R, Coiado OC. Overview of ectopic pregnancy diagnosis, management, and innovation. *Womens Health (Lond)*. 2023;19:17455057231160349. <https://doi.org/10.1177/17455057231160349>
3. World Health Organization. Trends in maternal mortality 2000–2023. Geneva: World Health Organization; 2024.
4. Kunwar K, Punetha M, Jain G. A second trimester live tubal ectopic pregnancy: A case report. *Int J Reprod Contracept Obstet Gynecol*. 2021;10(10):4005–4007. <https://doi.org/10.18203/2320-1770.ijrcog20213881>
5. Elliott JP. The medical and legal aspects of maternal mortality. *Soc Sci Med*. 2012;75(3):73–78. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2011.09.014>
6. Garland J, Little D. Maternal death and its investigation. *Acad Forensic Pathol*. 2018;8(4):894–911. <https://doi.org/10.1177/1925362118821485>
7. Sharma N, Yadav N. Mortality due to ectopic pregnancy revealed by police surgeon. *Int J Res Med Sci*. 2023;11(12):4562–4565. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20233734>
8. Poder Judicial de Costa Rica. Reglamento de Autopsias del Poder Judicial. San José: Sistema Costarricense de Información Jurídica; 2019. Disponible en: <https://pgrweb.go.cr>
9. Presidencia de la República de Costa Rica, Ministerio de Salud. Reglamento sobre el Sistema Nacional de Evaluación y Análisis de la Mortalidad Materna, Perinatal e Infantil (Decreto Ejecutivo N.º 41120-S). San José: Sistema Costarricense de Información Jurídica; 2018. Disponible en: <https://pgrweb.go.cr>

Perfil de mortalidad médico-legal en la región central de Oaxaca: Un análisis transversal

Holz Franziska¹, Fonseca-Muñoz Alicia^{2,3}✉, Verástegui Omaña Yara³, Ruiz Bustillos Olga Amalia³, Mayoral Vásquez Jaime Alfonso⁴, Birngruber Christoph Gerhard¹

¹Institute of Legal Medicine Frankfurt, University Hospital Frankfurt Goethe-Universität Frankfurt am Main, Germany.

²Escuela Nacional de Ciencias Forenses, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigación Científica S/N, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, CDMX

³Facultad de Sistemas Biológicos e Innovación Tecnológica, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Av. Universidad S/N, Ex-Hacienda 5 Señores, Oaxaca, México.

⁴Facultad de Medicina y Cirugía, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Calz. San Felipe del Agua S/N, Ex-Hacienda de Aguilera, Oaxaca, México.

✉ aliciaf@enacif.unam.mx

Datos del artículo

Cita

Holz F, Fonseca-Muñoz A, Verástegui Omaña Y, Ruiz Bustillos OA, Mayoral Vásquez JA, Birngruber CG. Perfil de mortalidad médico-legal en la región central de Oaxaca: un análisis transversal. ReCiF. 2026;(1):47-55.

Editor

Alejandra Mercado Salomón

Revisión por pares

Uno

Recibido

12/marzo/2026

Aceptado

20/marzo/2026

Publicado

30/abril/2026

Resumen

Este estudio descriptivo analizó las principales causas de muerte no natural registradas en el Instituto de Servicios Periciales (ISP) de Oaxaca durante el año 2021. A partir de una base de datos retrospectiva que incluyó 467 casos (383 hombres y 84 mujeres), se identificó que las cuatro causas de mortalidad más frecuentes fueron: hecho de tránsito, proyectil por arma de fuego, traumatismo craneoencefálico y asfixia por ahorcadura. Los resultados proporcionan un perfil epidemiológico valioso para la región, evidenciando la predominancia de muertes por accidentes viales y lesiones violentas. Se concluye recomendando la realización de estudios futuros que integren datos del Ministerio Público para una adecuada catalogación de los delitos, y que amplíen el análisis con variables ante mortem (como estado civil, nivel socioeconómico y educativo) para enriquecer la comprensión del fenómeno y fundamentar políticas de prevención más efectivas.

Palabras clave: Causas de muerte, Sexo, Edad, Accidente, Homicidio, Suicidio

Abstract

This descriptive study examined the primary causes of unnatural death recorded at the Institute of Forensic Services (ISP) of Oaxaca in 2021. Utilizing a retrospective database of 467 cases (383 men and 84 women), the analysis identified the four most frequent causes of mortality: traffic accidents, firearm projectile injuries, traumatic brain injury,

Creative Commons
Atribución: CC-BY-NC-SA
4.0 Internacional

and asphyxiation by hanging. These findings offer an epidemiological profile for the region, emphasizing the predominance of deaths resulting from traffic accidents and violent injuries. It is recommended that future research incorporate data from the Ministerio Público's office to improve crime classification and expand the analysis to include ante mortem variables, such as marital status, socioeconomic level, and education, in order to enhance understanding of this phenomenon and inform more effective prevention policies.

Key words: Causes of death, Sex, Age, Accident, Homicide, Suicide.

Introducción

La muerte clínica se define como el cese irreversible de las funciones vitales, incluyendo la actividad cardíaca, respiratoria y neurológica. Este evento puede presentarse de manera súbita o tras un proceso agónico de duración variable (1,2). La etiología de la muerte clínica es heterogénea y puede deberse a traumatismos, enfermedades subyacentes o a la combinación de ambos factores (3).

Desde la perspectiva medicolegal, la determinación de la causa y la forma de muerte, clasificadas como natural, accidental, homicida o suicida, resulta fundamental debido a sus implicaciones jurídicas, sociales y de salud pública (4). En este marco, la muerte violenta o no natural se define como aquella que resulta de la acción de una energía externa, ya sea de tipo mecánico, físico, químico o por asfixia (5). Por el contrario, la muerte natural se asocia principalmente con procesos patológicos o con la senectud.

El suicidio representa un grave problema de salud pública a nivel mundial, con aproximadamente 700,000 muertes anuales, según la Organización Mundial de la Salud (6). El homicidio, definido por la Clasificación Internacional de Delitos con Fines Estadísticos (ICCS) como la privación de la vida de otra persona, presentó una tasa global de (6,1) por 100,000 habitantes en 2019 (5). En la región de los Valles Centrales de Oaxaca, se ha documentado un aumento significativo en la incidencia de muertes por accidentes de tránsito, homicidios y suicidios, de acuerdo con fuentes periodísticas locales (7,8).

Sin embargo, se observa una falta de estudios periciales sistematizados que cuantifiquen y analicen estas causas de muerte desde una perspectiva científica y epidemiológica en la entidad. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo identificar y reportar las principales causas de muerte no naturales (accidental, homicida y suicida) registradas durante el año 2021 en el Instituto de Servicios Periciales de la Fiscalía General del Estado de Oaxaca. Esta información busca generar una línea base estadística que sirva como insumo para la planeación de políticas públicas en los ámbitos de seguridad, justicia y prevención en salud.

Materiales y Métodos

Se llevó a cabo un estudio observacional, descriptivo y retrospectivo. Los datos fueron obtenidos del Instituto de Servicios Periciales (ISP) de la Fiscalía General del Estado de Oaxaca (FGEO), ubicado en la región de Valles Centrales, que proporciona servicios médico-legales a esta jurisdicción. La población de estudio incluyó todos los casos de muerte sometidos a necropsia médico-legal en el Servicio Médico Forense (SEMEOF) del ISP durante el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2021.

La fuente de información primaria fue el libro oficial de registro de necropsias de dicho servicio. Se incluyeron todos los casos con necropsia completa registrada en el período definido. No se aplicaron criterios de exclusión, con el objetivo de captar el universo de muertes con intervención pericial.

Se diseñó una base de datos en Excell para la extracción sistemática de información. Las variables principales recopiladas incluyeron: sexo, edad, condición de identificación (identificado/no identificado) y la causa básica de muerte (o causa de muerte inmediata), determinada por el médico forense responsable del caso a partir de los hallazgos necrópsicos. Cabe destacar que la determinación final de la forma de muerte (homicidio, suicidio, accidente o natural) es una competencia legal del Ministerio Público (MP) o Fiscales, por lo que en este estudio se trabajó exclusivamente con la causa médico-legal de muerte emitida por el perito.

Todas las necropsias fueron realizadas siguiendo el protocolo técnico estandarizado del SEMEOF, el cual incluye:

1. **Recepción y datos de campo:** Recopilación de información sobre el lugar del hallazgo, condiciones de la escena y presunción legal inicial.
2. **Examen externo:** Se consignaron los datos de **media filiación**, se describieron los **fenómenos cadavéricos** (para estimar la data de muerte) y se documentaron detalladamente todas las **lesiones externas**.
3. **Examen interno:** Se procedió a la apertura y examen sistemático de las tres cavidades corporales (craneal, torácica y abdominal), extrayendo y examinando los órganos para identificar lesiones internas y patologías.
4. **Conclusión pericial:** Con base en la totalidad de los hallazgos macro y microscópicos (cuando aplicó), el médico forense estableció la **causa médico-legal de la muerte**.

Los datos fueron procesados y analizados de forma descriptiva. Se calcularon frecuencias y porcentajes para las variables categóricas (sexo, causa de muerte). El análisis se centró en identificar y jerarquizar las principales causas de muerte.

Resultados

Durante el período de estudio, se registró un total de 479 casos sometidos a valoración pericial. De estos, 12 casos correspondieron a osamentas en las que no fue posible determinar la causa de muerte, por lo que fueron excluidos del análisis. Así, la muestra final para el estudio de causas de muerte quedó constituida por 467 casos. De este total, 45 (9.6%) permanecían como no identificados (NN) al momento del cierre del estudio.

La distribución por sexo mostró una marcada disparidad: **383 (82.0%) de los casos correspondieron a hombres y 84 (18.0%) a mujeres** (Figura 1).

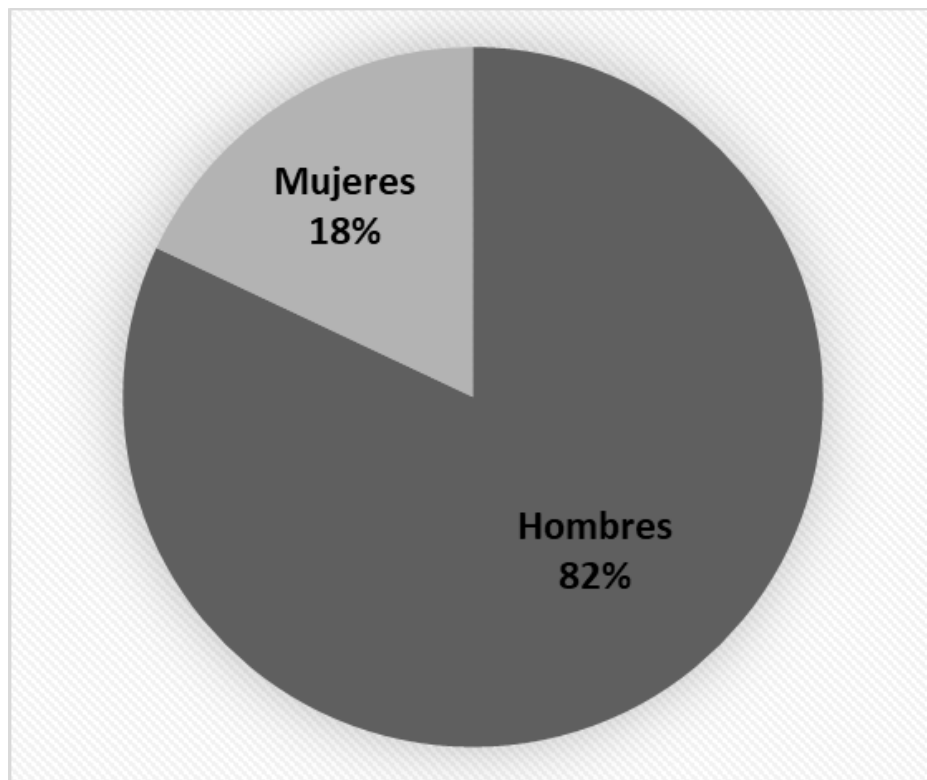


Figura1: Porcentaje de hombres y mujeres ingresados al ISP.

El análisis de la distribución por edad y sexo reveló que el grupo etario más frecuente entre los hombres fue el de **30 a 39 años**, mientras que en las mujeres fue el de **20 a 29 años**. El grupo de edad menos representado para ambos sexos fue el de **90 a 99 años** (Figura 2).

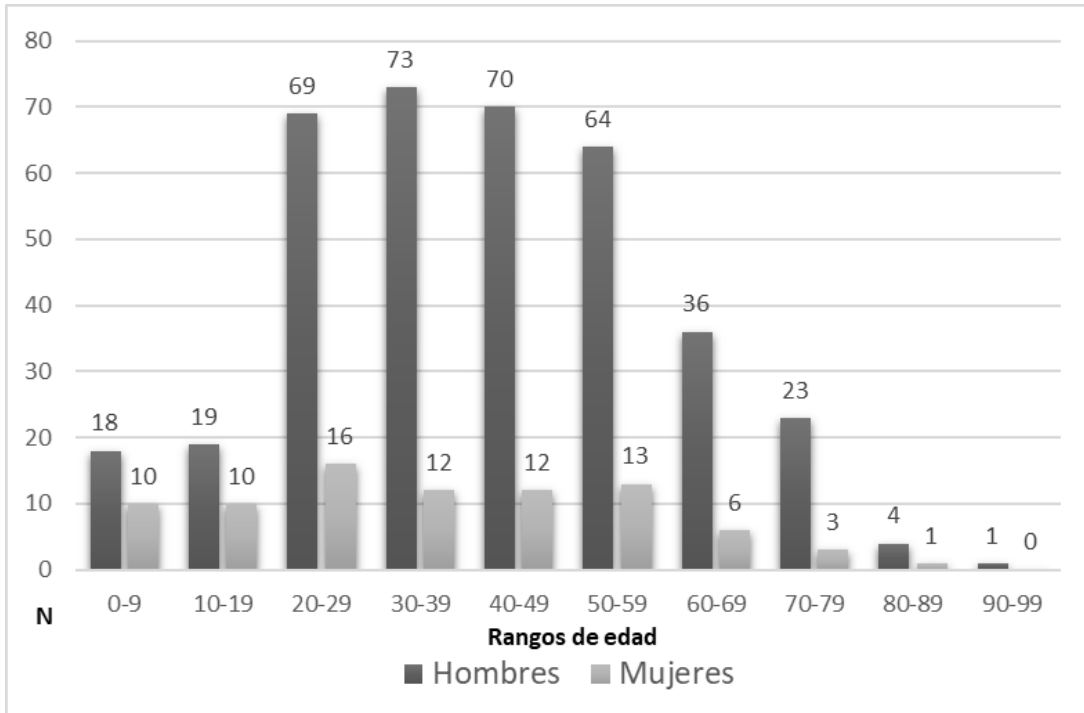


Figura 2: Rango de edad hombres y mujeres.

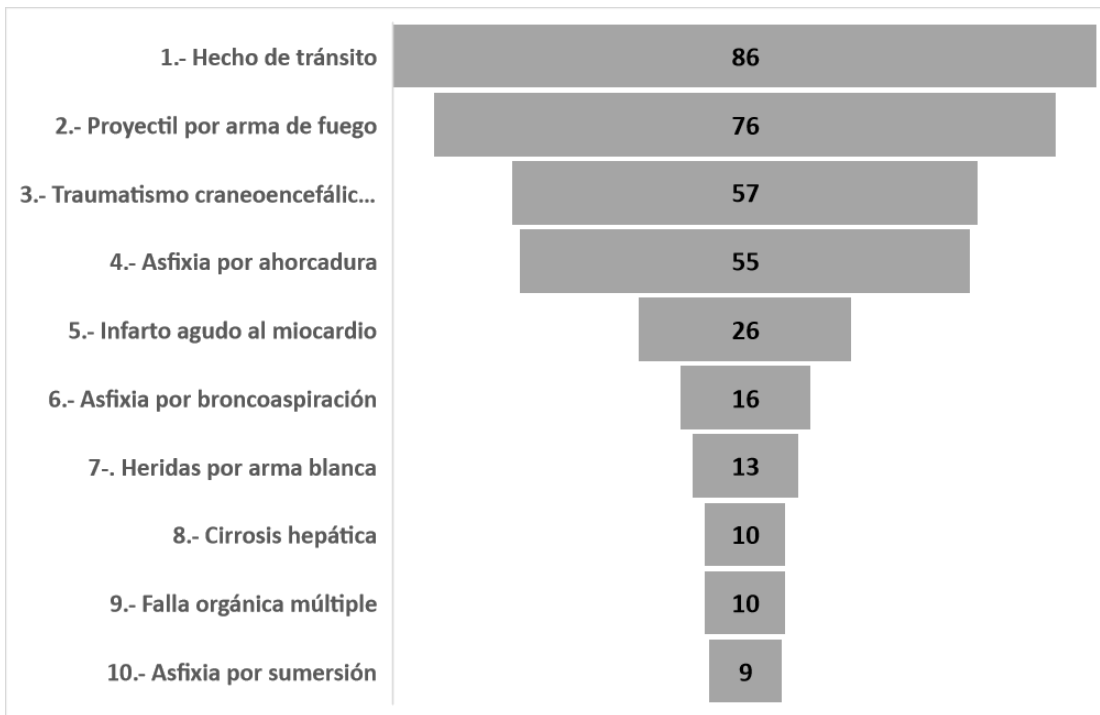


Figura 3: Principales Causas de muerte como resultado de las autopsias realizadas por el SEMEFO en Oaxaca.

Respecto a las **cuatro principales causas de muerte específicas** (Figura 3), se observaron los siguientes patrones:

1. **Hecho de Tránsito:** La mayor concentración de casos en hombres se ubicó en el grupo de **20 a 29 años**. En contraste, en las mujeres la mayor frecuencia se presentó en el grupo de **0 a 9 años**.
2. **Proyectil de Arma de Fuego:** Tanto en hombres como en mujeres, el grupo de edad más afectado fue el de **20 a 29 años**.
3. **Traumatismo Craneoencefálico Severo:** La mayor incidencia en hombres se registró en el grupo de **40 a 49 años**, y en mujeres en el de **50 a 59 años**.
4. **Asfixia por Ahorcadura:** El pico de frecuencia en mujeres ocurrió en el grupo de **40 a 49 años**, y en hombres en el de **30 a 39 años**. Esta causa representó una proporción significativa de los casos totales por sexo, correspondiendo al **26%** de todas las mujeres y al **21%** de todos los hombres analizados en el estudio.

Finalmente, con base en la evidencia pericial disponible, se propuso una **conclusión medicolegal preliminar** sobre la forma de muerte para cada caso (Figura 4). Las categorías y sus frecuencias fueron: **Accidente (124 casos)**, **Homicidio (101 casos)**, **Homicidio-Accidente (86 casos)**, **Patológico (71 casos)** y **Suicidio (56 casos)**.

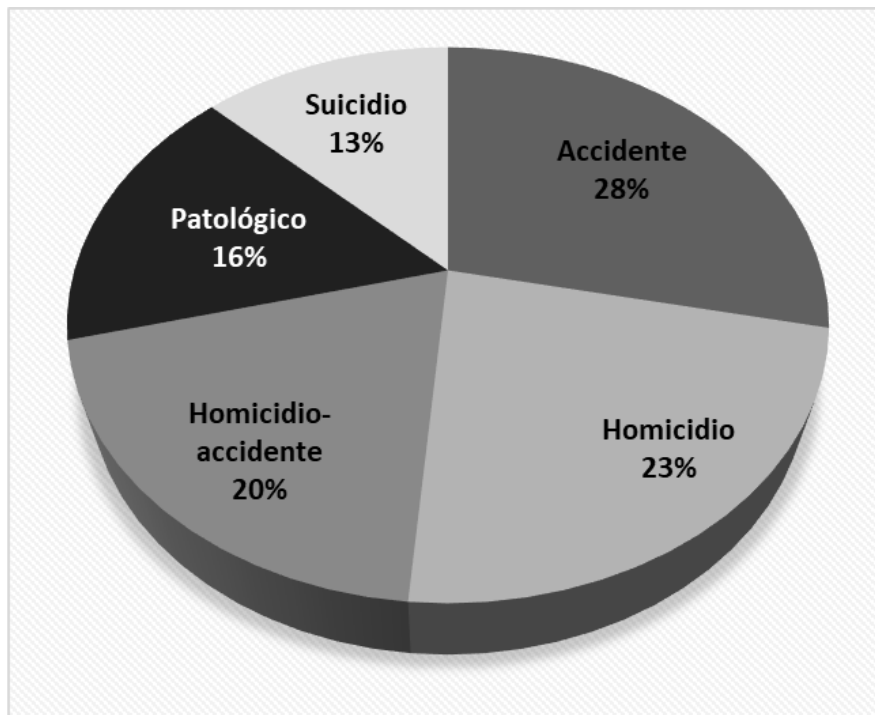


Figura 4: Porcentaje de las conclusiones de los delitos en el ISP.

Discusión

El presente estudio proporciona un primer perfil forense de las muertes no naturales en la región de los Valles Centrales de Oaxaca. La marcada sobrerrepresentación masculina (82%) y la concentración de casos en adultos jóvenes (20-39 años) son hallazgos que concuerdan plenamente con el patrón demográfico global de la mortalidad violenta, tanto en México (9) como a nivel internacional (6). Esta consistencia sugiere que los factores de riesgo sociales, económicos y de comportamiento asociados a las muertes por causas externas afectan de manera desproporcionada a esta población.

La comparación con datos de otros servicios medicolegales en México, como el reporte del estado de Jalisco para el período 2017-2020 (10), revela similitudes estructurales notables especialmente en la distribución por sexo y grupos etarios, pero también divergencias cruciales en el *ranking* de causas específicas. Mientras que en Jalisco la primera causa fue **la herida por proyectil de arma de fuego (HPAF)**, en nuestro estudio el hecho de tránsito ocupó el primer lugar. Esta discrepancia podría reflejar diferencias en la dinámica regional de la violencia criminal frente a la incidencia de siniestralidad vial. No obstante, la coincidencia de que la **asfixia por ahorcadura** figure entre las principales causas en ambos contextos subraya su relevancia como un problema de salud pública persistente y generalizado.

En efecto, la asfixia por ahorcadura se consolidó en nuestro estudio como la cuarta causa general y representó una proporción alarmante de los casos, especialmente en mujeres (26%). Este hallazgo se alinea con la evidencia nacional e internacional que identifica el ahorcamiento como el método de suicidio más frecuente, tanto en México (11) como a nivel global (6). La concentración de casos en los grupos de 20 a 49 años en nuestro estudio coincide con los rangos de edad de mayor riesgo reportados en la literatura (12), lo que señala una ventana crítica para la intervención preventiva.

Por su parte, la HPAF, siendo nuestra segunda causa, está intrínsecamente ligada a la violencia interpersonal y los homicidios. Los grupos más afectados (20-39 años) coinciden con el rango de mayor victimización a nivel mundial (15-29 años) reportado por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (5). Este organismo sitúa a la región de las Américas, y dentro de ella, a México, entre las de mayor tasa de homicidios por arma de fuego a nivel global, lo que enmarca nuestros resultados locales (5,9).

Es fundamental destacar una limitación metodológica clave de este estudio: la clasificación de la causa de muerte (homicidio, suicidio, accidente) se basa en una conclusión medico-legal preliminar. La determinación final y legal corresponde al Ministerio Público, que integra toda la evidencia de la investigación. Esta distinción es crucial para interpretar las categorías (p. ej., "Homicidio-Accidente"), que reflejan la apreciación pericial basada en los hallazgos cadavéricos y de la escena, pero que no necesariamente corresponden a la sentencia judicial definitiva. Futuras investigaciones que crucen estas bases de datos periciales con las resoluciones fiscales y judiciales enriquecerían enormemente el análisis.

Conclusión

Se identifica un patrón de mortalidad no natural en Oaxaca dominado por hechos de tránsito, violencia armada y suicidio por ahorcamiento, que afecta predominantemente a hombres jóvenes. Los resultados sirven como una **línea base epidemiológica forense** esencial. Se recomienda encarecidamente la implementación de **sistemas de vigilancia epidemiológica de la mortalidad violenta** que integren datos periciales, sociales y judiciales. Este abordaje integral permitiría diseñar políticas públicas de prevención más efectivas y focalizadas, desde programas de seguridad vial y control de armas hasta estrategias de salud mental comunitaria, para abordar las causas estructurales de mortalidad evitable.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias al financiamiento del proyecto (**Project ID: 57594060**), en el marco de la colaboración entre **COCIMEX-DAAD-GIZ**. Los autores agradecen el apoyo institucional brindado por el **Instituto de Servicios Periciales de Oaxaca**, por abrir sus puertas y facilitar las condiciones necesarias para la realización de este trabajo, a través del convenio de colaboración con la **Universidad Autónoma 'Benito Juárez' de Oaxaca (UABJO)-Fiscalía General del Estado de Oaxaca**.

Referencias

1. Parnia S, Spearpoint K, Fenwick PB. The relationship between brain and mind. Resuscitation. 2014;85(12):e191-e192. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.09.008
2. Sarbey B. Definitions of death: Brain death and what matters in a person. J Law Biosci. 2016;3(3):743-752. doi:10.1093/jlb/lsw038
3. Saukko P, Knight B. Knight's Forensic Pathology. 5ª ed. Boca Ratón: CRC Press; 2020.
4. Prahlow JA, Byard RW. Atlas of Forensic Pathology. Nueva York: Springer; 2021. doi:10.1007/978-1-61779-058-4
5. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). Global Study on Homicide 2021 [Internet]. Viena: UNODC; 2021 [citado 2025 feb 11]. Disponible en: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/gsh/2021/GL_2021_BOOK.pdf
6. Organización Mundial de la Salud (OMS). Suicide worldwide in 2019: Global health estimates [Internet]. Ginebra: OMS; 2021 [citado 2025 feb 11]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240026643>

7. NVI Noticias. Aumentan accidentes viales en Valles Centrales durante 2022 [Internet]. 2022 mar 15 [citado 2025 feb 11]. Disponible en: <https://www.nvinoticias.com/nota/182888/aumentan-accidentes-viales-en-valles-centrales-durante-2022>
8. Quadratín Oaxaca. Reporta Fiscalía aumento en homicidios dolosos en Oaxaca [Internet]. 2021 sep 10 [citado 2025 feb 11]. Disponible en: <https://oaxaca.quadratin.com.mx/reporta-fiscalia-aumento-en-homicidios-dolosos-en-oaxaca/>
9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Estadísticas de defunciones registradas (mortalidad) 2022 [Internet]. 2023 [citado 2025 feb 11]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/dr/dr2022.pdf>
10. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG). Características de las defunciones con intervención del Servicio Médico Forense en Jalisco, 2017-2020 [Internet]. 2021 [citado 2025 feb 11]. Disponible en: https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=41526
11. Vázquez JL, Pérez RM, González F. Epidemiología del suicidio en México: un análisis de métodos y tendencias (2010-2019). *Salud Ment.* 2021;44(5):243-250. doi:10.17711/SM.0185-3325.2021.032
12. Arias D, Sáez M, Pérez K. Factores de riesgo asociados al suicidio por ahorcamiento: una revisión sistemática. *Rev Iberoam Psicol Salud.* 2022;13(1):45-58. doi: 10.23923/j.rips.2022.01.053