



## REVISIÓN

# Advances and Challenges in Forensic Ballistics in Firearm-Related Homicide Investigations in Ecuador: A Multidisciplinary Perspective

## Avances y Desafíos de la Balística Forense en la Investigación de Homicidios por Armas de Fuego en Ecuador: Una Perspectiva Multidisciplinaria

Karla Indira Hurtado Serrano<sup>1</sup>  , Isaac Joshua Guamán Alarcón<sup>1</sup>  , Angel Eduardo Reinoso Alban<sup>2</sup>  ,  
Dayana Mercedes Tenorio Lagla<sup>2</sup>  

<sup>1</sup>Facultad Ciencias Médicas, Carrera de Medicina, Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ambato, Ecuador.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Biomédica, Facultad de Ciencias Médicas, Carrera de Medicina, Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ambato, Ecuador.

**Citar como:** Hurtado Serrano KI, Guamán Alarcón IJ, Reinoso Alban AE, Tenorio Lagla DM. Advances and Challenges in Forensic Ballistics in Firearm-Related Homicide Investigations in Ecuador: A Multidisciplinary Perspective. Salud, Ciencia y Tecnología. 2024; 4:.528. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2024.528>

Enviado: 12-02-2024

Revisado: 22-08-2024

Aceptado: 07-12-2024

Publicado: 08-12-2024

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Karla Indira Hurtado Serrano 

### ABSTRACT

This study addresses the evolution and significance of forensic ballistics, highlighting its role in solving violent crimes, particularly in the context of the increasing homicide rates in Ecuador. Throughout the work, the methodological and scientific foundations underpinning forensic ballistics are examined, linking it to legal medicine and forensic traumatology. Recent technological advancements in this field, such as Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES), 3D crime scene reconstruction software, and shooting pattern analysis, are discussed, demonstrating how they have enhanced accuracy and efficiency in criminal investigations. Additionally, a bibliometric and bibliographic analysis is conducted, revealing thematic evolution and international collaboration in the field of forensic ballistics. The results underscore the importance of this discipline in identifying weapons and projectiles, determining the shooter's position, and analyzing the crime scene, which are essential elements for the administration of justice and public health in Ecuador.

**Keywords:** Violent Crime Resolution; Methodological Foundations; Forensic Traumatology.

### RESUMEN

Este estudio aborda la evolución y relevancia de la balística forense, destacando su papel en la resolución de crímenes violentos, particularmente en el contexto del aumento de homicidios en Ecuador. A lo largo del trabajo, se examinan los fundamentos metodológicos y científicos que sustentan la balística forense, vinculándola con la medicina legal y la traumatología forense. Se discuten los avances tecnológicos recientes en esta disciplina, como la espectroscopía de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), el software de reconstrucción de escenas de crimen en 3D, y el análisis de patrones de disparo, que han mejorado la precisión y la eficiencia en la investigación criminal. Además, se realiza un análisis bibliométrico y bibliográfico que muestra la evolución temática y la colaboración internacional en el campo de la balística forense. Los resultados destacan la importancia de esta disciplina en la identificación de armas y proyectiles, la determinación de la posición del tirador, y el análisis de la escena del crimen, elementos esenciales para la administración de justicia y la salud pública en Ecuador.

**Palabras clave:** Resolución de Crímenes Violentos; Fundamentos Metodológicos; Traumatología Forense.

## INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, la humanidad se ha cuestionado sobre el mundo, generando a lo largo de su historia diversas respuestas que, a su vez, han dado lugar a nuevos campos de conocimiento, posibilitando la formulación de más interrogantes. Ninguna pregunta puede ser respondida sin un método, es decir, una forma particular de proceder en busca de un resultado, el conocimiento. Este producto, ya sea de manera consciente o inconsciente, ha sido influenciado por la experiencia histórica de quien lo genera, así como por su rol como sujeto social.<sup>(1)</sup>

El conocimiento científico utiliza un tipo específico de método que, a diferencia de otros métodos relacionados con el conocimiento, se considera objetivo. La objetividad implica que existe un mundo externo al sujeto que puede ser comprendido y captado en su verdadera dimensión. Esta objetividad establece normas de acción que deben respetarse para evitar caer en la subjetividad. Además del método científico, existen otros métodos vinculados al conocimiento que no buscan leyes o teorías, sino resolver casos particulares, manteniendo también la pretensión de objetividad. Entre estos métodos se encuentra el relacionado con la investigación criminalística, que abarca disciplinas como la accidentología, la documentología y la balística. Estas ciencias sirven como apoyo a la justicia, ya que se enfocan en la descripción y explicación de fenómenos delictivos. Aunque las ciencias criminalísticas aplicadas a la resolución de casos se basan en leyes de la física y la química, también se les reconoce como entidades propias con sus propios marcos epistémicos y campos empíricos.<sup>(1)</sup>

La metodología de la investigación científica es un enfoque utilizado por las ciencias para ofrecer explicaciones sobre los fenómenos naturales y los hechos en la esfera humana que pueden ser verificados empíricamente. En este proceso, se excluyen todas las opiniones subjetivas, tal como ocurría en la antigua Grecia con la distinción entre doxa (opinión) y episteme (conocimiento). En otras palabras, se establece una separación clara entre lo que constituye ciencia y lo que no lo es; no porque carezca de relevancia para la Humanidad, sino porque no tiene importancia dentro de la ciencia empírica.<sup>(2)</sup>

De manera similar, la investigación criminalística se basa en principios lógicos respaldados por diversas ciencias exactas y sociales. Su estructura debe ser coherente, evitando contradicciones internas. Su relevancia radica en que la exactitud de sus conclusiones puede determinar la libertad o el encarcelamiento de un acusado, así como la posibilidad de condenar a un inocente o absolver a un culpable.<sup>(2)</sup>

Los estudios de balística forense forman parte del aporte que desarrolla la ciencia de la criminalística forense, a través del área especializada, a la administración de justicia, a fin de coadyuvar al esclarecimiento de los casos. En ese sentido, el recabar elementos probatorios en la investigación preliminar resulta vital, en la medida que el recojo de los indicios y/o evidencias sea el adecuado, resultando también contributivo a la investigación preparatoria en la medida que los elementos probatorios adquieren la condición de pruebas que coadyuvan al esclarecimiento de los casos que han afectado la vida de las personas.<sup>(3)</sup>

La historia de la balística forense es fascinante. En el siglo XVIII aún no existía cuerpo de policía como tal en Londres, en la ciudad de Westminster había un Juez de Paz llamado Henry Fielding y sucedido posteriormente por su ayudante y hermano John Fielding. Henry reclutó un pequeño grupo de “ayudantes” en 1749, fueron adscritos directamente a su cargo, representando los inicios de los actuales métodos policiales. Eran conocidos como los Bow Street-Runners, y se dedicaban a investigar la delincuencia criminal organizada a pequeña escala, utilizando en un principio métodos poco ortodoxos, e incluso alguna que otra vez métodos no muy legales. El primer intento con éxito del que se tiene constancia fue a principios del siglo XIX, al descubrirse al autor de un crimen realizado con un arma de fuego. Henry Goddard durante 1835, uno de estos “peculiares investigadores”, al observar un proyectil extraído del cuerpo de la víctima de un asesinato, se percató de la existencia de una llamativa protuberancia o abultamiento en la misma. En aquella época las armas de fuego eran de avancarga y los tiradores habitualmente hacían, mediante un molde o turquesa sus propios proyectiles con plomo fundido, nuestro avezado investigador pensó que si encontraba el molde con el que se había realizado el proyectil encontraría al asesino. Con esta idea, Goddard comenzó a registrar las casas de los sospechosos, y cuando procedía al registro de la vivienda de uno de ellos, al examinar el molde con el que el propietario fabricaba los proyectiles de plomo, nuestro avezado investigador pudo observar claramente que en el interior de la turquesa había una pequeña hendidura. Utilizando este molde procedió a fabricar un nuevo proyectil (testigo), y este proyectil obtenido lo comparó con el que se extrajo anteriormente del cuerpo de la víctima (dubitado), comprobando que los abultamientos de ambos proyectiles eran idénticos sin lugar a dudas, lo que hizo que posteriormente el asesino confesara su crimen. Iniciándose de esta forma el un nuevo método de investigación.<sup>(4)</sup>

La balística forense desde sus inicios ha ido evolucionando y continúa sin detenerse, debe su desarrollo en gran medida a la aplicación de los avances tecnológicos y nuevos instrumentos, así como a los hombres que han logrado encontrar una aplicación útil para el análisis, descubrimiento y comparación de nuevas evidencias de forma más fiable.<sup>(4)</sup>

Muy ligado a la balística forense está la Traumatología forense que se define como la ciencia encargada de la especificación de las lesiones que pueden ser provocadas a un individuo, ya sea con el mismo cuerpo de otra persona o con algún objeto que cause daño, como armas de fuego u otro tipo de municiones; en este campo

también incluye la lesionología lo cual hace referencia al daño provocado en una extremidad específica de una persona o animal o simplemente por daño a algún órgano vital.<sup>(5)</sup>

Las lesiones son clasificadas en abiertas o cerradas, las abiertas constituyen en quemaduras con fuego o hielo, y heridas; las lesiones cerradas se clasifican en contusiones y asfixias. Está relacionado con el aspecto médico y el aspecto jurídico; ya que, en el ámbito de la medicina está relacionado con determinar cómo sucedió el acontecimiento ya que se detalla la localización, vitalidad, el mecanismo de la lesión, el pronóstico y las complicaciones que puedan tener a corto o largo plazo. Jurídicamente en cambio va a juzgar las circunstancias en las cuales se dio el acto, tomando en cuenta al agresor y la víctima para poder deliberar cuál es la sanción correspondiente.<sup>(5)</sup>

En cuanto a la gravedad de las lesiones, son divididas en dos clases; las lesiones no mortales son aquellas que provocan daño leve, moderada o grave, pero el individuo sigue con signos vitales; en cambio las lesiones mortales, son aquellas que causan la muerte. Esto servirá para el veredicto en cuanto a lo legal, ya que de eso depende la gravedad de la pena.<sup>(5)</sup>

El uso de armas de fuego en cualquier escenario es un fenómeno serio que afecta a una sociedad, la balística forense es importante en el contexto de la epidemiología ya que se puede enfocar el estudio de las muertes por armas de fuego desde una perspectiva de salud pública, en este caso la balística forense se convierte en una herramienta importante para analizar y comprender estos eventos desde un problema de salud.

La balística forense es una disciplina de la medicina forense que estudia el efecto y trayecto de las armas de fuego en el cuerpo de la víctima. La balística forense se divide en cuatro tipos que son: balística interna, externa, de efectos y comparativa o identificativa.<sup>(6)</sup> Agregando a lo anterior, las facultades de medicina han implementado en sus mallas curriculares el estudio de la medicina legal con una rama principal a estudiar la balística forense, porque en la actualidad no existe diversidad de médicos forenses y al momento de ir a su servicio rural como médicos serán ellos los indicados a ser pericias en caso de contar con las siguientes limitaciones no contar con un especialista, falta de material para el estudio y limitado acceso al lugar del crimen.

En los últimos 5 años en Ecuador se ha presentado un incremento de muertes violentas, siendo estas causadas por el uso de las armas de fuego como el principal mecanismo de muerte, en el crimen organizado, en el año 2020 entre los meses de enero y agosto se produjeron 459 asesinatos con armas de fuego, en cambio, en el año 2021 se contabilizaron 1 007 homicidios cometidos por armas de fuego, dando como resultado un aumento del 119 % de muertes producidas en comparación de este año con el 2020.<sup>(7)</sup>

Sin embargo, en el año 2022 se presentó 25 muertes por armas de fuego por cada 100000 habitantes.<sup>(7)</sup> En el presente año hasta el mes de marzo 2023 existe 88,11 % de homicidios intencionales producidos por arma de fuego, dando un valor de 58,76 % de aumento de casos que en los anteriores años donde la modalidad que se evidencia constantemente es el sicariato.<sup>(8)</sup> La plataforma especializada en seguridad Insight Crime incluye a Esmeraldas, Quito, Guayaquil, Manabí, Los Ríos. Siendo las ciudades con un número significativo de muertes por arma blanca. Dando un resultado que Ecuador es una de las más violentas de Latinoamérica.<sup>(9)</sup>

La muerte violenta es la que se provoca por un mecanismo homicida, suicida o accidental, este tipo de muerte posee un mecanismo exógeno a la víctima y existe un responsable de la misma.<sup>(10)</sup> Por otro lado, la balística forense puede proporcionar de información importante y crucial en la investigación de muertes violentas, en los siguientes aspectos:

1. Identificación de la posición del tirador por el estudio de la distancia en que se ejecutó el disparo y por la trayectoria del proyectil
2. Totalidad de los disparos por la cantidad de disparos encontrados en el cuerpo de la víctima.
3. Estatura e identificación del tirador por residuos encontrados del disparo.
4. Identificación de la víctima sobre todo en casos donde no existe información previa que se da por el estudio de la vestimenta, huellas dactilares o rasgos físicos de la víctima.
5. Identificación de la escena del crimen manchas, charcos y salpicaduras de sangre o fluidos biológicos encontrados.
6. La distancia del disparo por el diámetro de dispersión de los perdigones.<sup>(11)</sup>

Precisamente por lo antes expuesto se plantea desarrollar en ésta investigación un análisis del rol y la importancia de la balística forense con una perspectiva de salud pública teniendo en cuenta sus avances tanto en las tecnologías y técnicas que emplea esta rama de la medicina legal para una eficiente investigación y resolución inmediata de muertes violentas en el Ecuador.

## MÉTODO

Este artículo científico es de carácter detallado, selectivo y crítico, debido a la integración de una revisión de información fundamental de varios artículos que se relacionan con el tema de medicina legal, además, se utilizó palabras claves importantes para obtener una investigación eficiente con resultados confiables.

Se ejecutó una revisión de la literatura existente en fuentes de información como Scopus, PubMed, SciELO,

ScienceDirect y se efectuó un análisis bibliométrico con un grupo de elementos definidos por los autores con el interés de establecer la bibliografía más relevante sobre la temática de estudio y seguidamente efectuar un análisis bibliográfico que permitiera identificar tendencias y vacíos en la investigación de las estudios seleccionados y un grupo de estadísticas relacionadas con las muertes violentas en Ecuador.

Se empleó la metodología de PRISMA para la evaluación de los estudios e investigaciones usados lo que permitió junto a una serie de criterios de inclusión y exclusión a refinar la muestra de estudio.

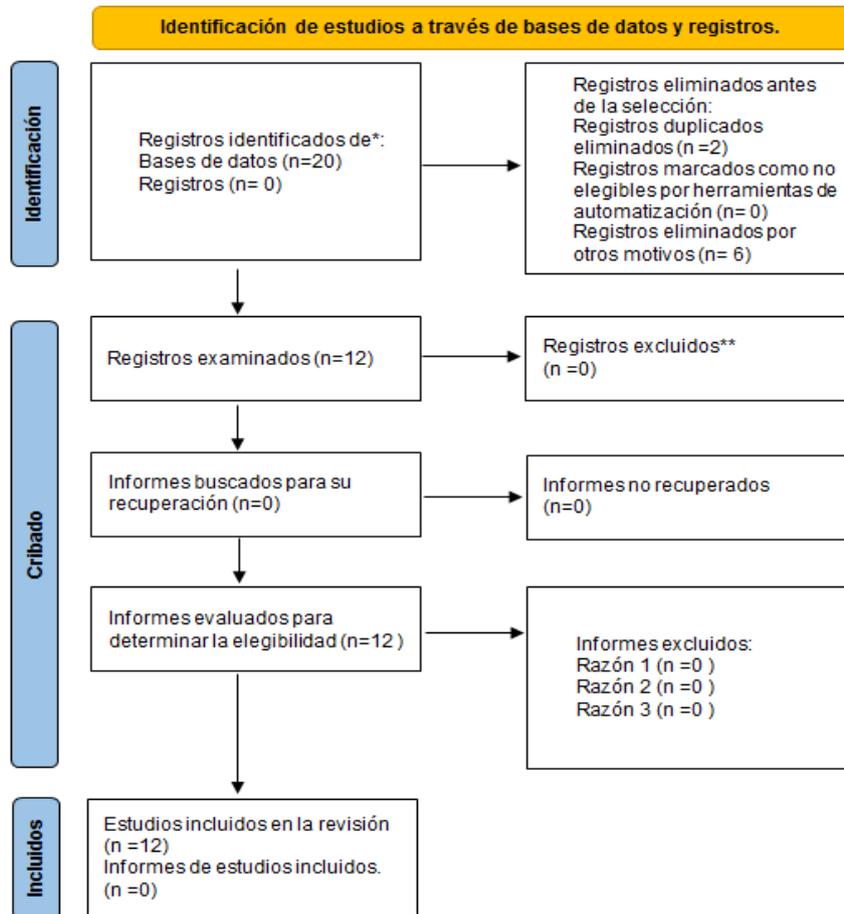


Figura 1. Identificación de los estudios

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión	
Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudios primarios enfocados en la balística forense, avances-	Estudios de periódicos.
Estudios estadísticos de las muertes por armas de fuego.	Estudios publicados antes del 2010.
Estudios publicados entre 2010-2023.	Estudios de casos de muertes violentas reportados, pero sin una evidencia sólida.
Estudios disponibles en inglés y español	Estudios de diferente idioma que no sea inglés o español.
Estudios reportados en educación médico legal	

El empleo de esta herramienta dio como resultado que de los 20 artículos elegidos para su revisión y empleo, 8 de los estudios no cumplieron con la información y tiempo específico para el artículo, por ese motivo se eligieron 12 artículos ya que cumplían con los criterios de inclusión para su empleo.

## RESULTADOS

### Análisis Bibliométrico

#### Análisis de Productividad de las Investigaciones

##### 1. Distribución Temporal de Publicaciones

- Años de Publicación: Las investigaciones analizadas abarcan un amplio rango temporal, desde 1929 hasta 2024, reflejando la evolución del estudio de la balística forense.
- Picos de Productividad: Los años más productivos fueron 2015, 2019, y 2021, con múltiples

publicaciones relevantes en el campo.

2. Revistas y Fuentes

- Revistas Clave: Las publicaciones provienen de una variedad de fuentes, incluyendo revistas científicas especializadas como JAMA Network Open, Journal of Quantitative Criminology, y Forensic Science Policy & Management.

- Libros y Monografías: Además de los artículos de revistas, se incluyen capítulos de libros y monografías, lo que sugiere un enfoque multidisciplinario.

3. Autores Más Productivos

- Autores Recurrentes: Anthony A. Braga destaca por su contribución significativa con dos publicaciones en los años 2018 y 2019,<sup>(12,13)</sup> ambas centradas en la relación entre las investigaciones balísticas y la resolución de homicidios.

4. Tendencias Temáticas

- Evolución de Temáticas: Los estudios más recientes muestran un enfoque en la digitalización de la balística y su aplicación en la resolución de crímenes, mientras que los trabajos más antiguos se centraban en los aspectos básicos de la balística forense.

5. Colaboración y Contribuciones

- Colaboración Internacional: Existe una notable presencia de autores de diferentes países, lo que sugiere una colaboración internacional creciente en este campo, especialmente en investigaciones recientes.

### *Análisis del impacto potencial de las investigaciones*

Los estudios pueden influir en diferentes aspectos de la balística forense, desde la tecnología y los métodos hasta la aplicación práctica y la política. Se demuestra que aunque las pruebas balísticas han sido utilizadas durante décadas sobre todo para las muertes violentas de característica homicida y suicida donde la importancia de esta es el análisis de la identificación del arma y la trayectoria de la bala, existen avances importantes como la espectroscopía de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) para cuantificar los residuos de disparos (GSR) y predecir el número de disparos realizados con diferentes armas de fuego, el empleo del software de reconstrucción de escenas de crimen en 3D, que permite la recreación del lugar de crimen y dando como aporte la ubicación del tirador y la posición que pudo haberse encontrado la víctima o víctimas, además el análisis de patrones de disparo su importancia es la determinación de la cantidad de disparos realizados y el empleo de cámaras de alta velocidad y el sistema de video, que contribuye en medir la trayectoria de las balas en tiempo real y tener información más precisa sobre la dirección de la bala y por consiguiente la determinación de la posición del tirador.

### *Análisis de colaboración en las investigaciones*

1. Avances Tecnológicos y Metodológicos:

- Accorinti JP, Otero N (2014) y Torres MT, Andonaire FWV (2020) se centran en la mejora y el desarrollo de sistemas automatizados en balística forense, destacando la colaboración entre la tecnología y la práctica forense.<sup>(14,15)</sup>

- Constanzo B, Cistoldi P, Iturriaga JI, Di Iorio A (2016) y Vanini G et al. (2015) abordan la balística digital y la espectroscopía de plasma acoplado inductivamente, reflejando la tendencia hacia la integración de tecnologías avanzadas en la investigación forense.<sup>(16,17)</sup>

2. Intersección de Balística Forense y Otras Disciplinas

- Giannelli PC (1991) y Karger B (2008) proporcionan una base sólida para la identificación de armas, integrando la balística forense con la identificación de armas en un contexto judicial.<sup>(18,19,26)</sup>

- Haar RJ et al. (2017) exploran el uso de proyectiles en situaciones de control de multitudes, lo que complementa la comprensión de la balística forense en diferentes escenarios.<sup>(20)</sup>

3. Colaboración Regional e Internacional

Hill BT et al. (2024) y Arrieta Perea CC et al. (2015) muestran cómo la balística forense es aplicada y evaluada en diferentes regiones, desde Sudáfrica hasta Colombia, reflejando la colaboración internacional y el intercambio de conocimientos en la disciplina.<sup>(21,22)</sup>

### *Análisis de palabras clave*

- Palabras clave: “sistema automatizado”, “balística digital”, “espectroscopía de plasma”, “residuos de disparo”.

- Análisis: Estas palabras clave indican un enfoque en el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos analíticos para mejorar la precisión y la eficiencia en la identificación y el análisis de evidencia balística.

- Palabras clave: “impedimentos”, “procesamiento de evidencia”, “barreras tecnológicas”, “eficacia

de recursos”.

- Análisis: Las palabras clave reflejan una preocupación por las dificultades y limitaciones en la utilización efectiva de tecnologías y recursos en el análisis de evidencia balística.
- Palabras clave: “protocolo de manejo de evidencia”, “proyectiles de impacto”, “casos pediátricos”, “migración de proyectil”.
- Análisis: Los términos clave sugieren un enfoque en protocolos específicos y estudios de casos, incluyendo el manejo de evidencia en situaciones particulares como casos pediátricos y el análisis de migración de proyectiles.

### Análisis bibliográfico

Como resultado del análisis de los artículos de balística forense se hace referencia que el tema es importante en la resolución de casos de muertes violentas en el Ecuador donde su objetivo es el estudio y determinación del calibre y balas recolectadas en la escena del crimen y poder llegar a un culpable. También en estos artículos hablan del incremento de las muertes violentas a causa de las armas de fuego dando los siguientes valores a nivel provincial Guayas presenta el mayor número de homicidios en el primer semestre del 2023 con un valor de 1673 o 46 %, seguido de Manabí con un valor de 397 habitantes o 11,03 % y Los Ríos con 381 homicidios o 10,59 %.

Los artículos que hacen referencia a los avances de la balística forense teniendo en cuenta la importancia en la investigación de muertes violentas exponen que las pruebas balísticas han sido utilizadas durante décadas sobre todo para las muertes violentas de característica homicida y suicida donde la importancia de esta es el análisis de la identificación del arma y la trayectoria de la bala. Un avance de este tipo de pruebas es la que usa la espectrometría de masas de tiempo de vuelo donde se analiza la composición química de los casquillos y las balas que contribuye a la investigación policial y el descubrimiento del posible sospechoso.<sup>(23)</sup>

Otra técnica recién empleada es el software de reconstrucción de escenas de crimen en 3D, permite la recreación del lugar de crimen y dando como aporte la ubicación del tirador y la posición que pudo haberse encontrado la víctima o víctimas. Además, una herramienta igual creada recién es el análisis de patrones de disparo su importancia es la determinación de la cantidad de disparos realizados, la distancia y la velocidad de cada disparo y su proyectil, es aplicada en casos de múltiples víctimas o donde se realizaron disparos en diferentes ubicaciones.

El uso de otra tecnología es el empleo de cámaras de alta velocidad y sistema de video, contribuye en medir la trayectoria de las balas en tiempo real y tener información más precisa sobre la dirección de la bala y por consiguiente la determinación de la posición del tirador. Asimismo, el estudio microscópico aporta el análisis del casquillo y las balas a nivel molecular para la identificación de su composición y características físicas de los materiales que los compone, también el estudio de las marcas de forma individual que son las micro lesiones ayuda a establecer el principio de transferencia.

El último avance, la base de datos balísticos que es el IBIS del último artículo, el Sistema Integrado de Identificación Balística o IBIS se encuentra en Quito y Guayaquil ciudades donde existe más hechos o eventos de muertes violentas por arma de fuego. Este sistema permite guardar información de diferentes aspectos como son el calibre 22 hasta el 12 en los cartuchos de bala única hasta balas múltiples, permite la comparación de velocidad de más de 130 muestras de vainas y que tipo de armas de fuego son más usadas para causar muerte que son los siguientes calibres: 22, 25, 32,9, 38, 5,56 mm.

El IBIS también contribuye a la correlación entre las muertes producidas y las armas usadas, donde un ejemplo es en Esmeraldas en el mes de septiembre del año 2021 se registraron 99 homicidios de los cuales solo 77 fueron provocados por armas de fuego que fueron incautadas e ingresadas a esta base de datos y dieron como resultado 17 correlaciones y 12 de ellas fueron homicidios intencionales, teniendo como importancia la resolución de varios casos de forma simultánea en menor tiempo posible, otro aporte del IBIS es resolver casos que hayan sido provocados por la misma arma que al momento de ya ser adjudicada a un sospechoso en un evento se puede llegar a la conclusión que los otros producidos por la misma arma tendrán a la misma persona culpable y son parcialmente resueltos esos casos.<sup>(24)</sup>

En cuanto, a la parte estadística en el Ecuador ha existido un incremento de homicidios intenciones del 528,10 % en el primer semestre del 2023 en comparación con otros años es decir una superación de 7000 muertes violentas. También 8 de cada 10 homicidios intencionales son provocados por armas de fuego dando así un dato estadístico del 88,11 % de casos. De la misma manera, el tipo de arma más usada en estos homicidios es el arma de fuego y de tipo asesinato, en el año 2019 se presentaron 318 casos mientras que en el año 2023 un valor de 3171 casos mostrando un aumento de 897 %. En cuanto al tipo de crimen más prevalente que se comete con este tipo de arma es el asesinato dando un valor en el 2019 de 77,31 % de casos y mientras que en el año 2023 aumenta a 91,80 %. Este incremento se debe a la mayor adquisición y disponibilidad de armas.

El grupo etario la población más afectada por este tipo de crimen es entre 25 y 29 años con un total de homicidios del 20 %, entre los 20 y 25 años un total de 17,84 %, entre los 30 y 34 años un total del 17,09 %, entre

35 y 39 años u total de 11,23 % y entre los 40 y 44 años un total de 9,34 %. Las provincias más afectadas por este fenómeno son Guayas con 129 homicidios, Los Ríos con 28, El Oro con 20, Esmeraldas con 19 y Manabí con 17.

## DISCUSIÓN

La investigación sobre la balística forense presentada en este estudio resalta la evolución y la importancia crítica de esta disciplina en la resolución de casos de muertes violentas, especialmente en el contexto ecuatoriano. A lo largo del tiempo, la balística forense ha avanzado desde técnicas rudimentarias hasta la adopción de sofisticadas tecnologías como la espectrometría de masas y la reconstrucción de escenas en 3D. Estos avances han mejorado significativamente la precisión y la eficiencia en la investigación criminal, permitiendo una mayor claridad en la identificación de responsables y en la reconstrucción de eventos delictivos.

Uno de los resultados más importantes de esta investigación es la identificación de picos de productividad en la literatura sobre balística forense en los años 2015, 2019 y 2021. Este aumento en la producción científica coincide con el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías en el campo, lo que sugiere una correlación entre la innovación tecnológica y el crecimiento del conocimiento en la disciplina. Esto es particularmente relevante en países como Ecuador, donde el aumento de la violencia relacionada con armas de fuego ha generado una demanda urgente de métodos más efectivos para abordar y resolver estos casos.

También es significativa la colaboración internacional en la balística forense. Los estudios revisados muestran una creciente tendencia hacia la cooperación entre investigadores de diferentes países, lo que ha permitido compartir conocimientos y mejorar las prácticas en todo el mundo. Esta colaboración ha sido fundamental para la adopción de nuevas tecnologías y para el desarrollo de protocolos más eficientes y estandarizados en la recolección y análisis de evidencia balística.<sup>(25)</sup>

A pesar de estos avances, la investigación también identifica desafíos significativos en el campo de la balística forense. La limitada disponibilidad de recursos tecnológicos y la falta de capacitación especializada en algunas regiones, incluyendo partes de Ecuador, representan barreras importantes para la implementación efectiva de estos métodos avanzados. Además, la creciente complejidad de los casos de muertes violentas, especialmente aquellos relacionados con el crimen organizado, requiere un enfoque multidisciplinario que integre no solo la balística, sino también otras áreas de la medicina forense, la criminología y las ciencias sociales.

Finalmente, la investigación destaca la necesidad de seguir desarrollando y perfeccionando las técnicas de balística forense, especialmente en un contexto de salud pública. El estudio de las muertes violentas desde esta perspectiva permite una comprensión más integral del impacto social de la violencia con armas de fuego y contribuye a la formulación de políticas más efectivas para la prevención y el control de este tipo de crímenes. La balística forense, al proporcionar evidencia crucial en la investigación de estos casos, se posiciona como una herramienta esencial no solo para la justicia, sino también para la seguridad y el bienestar de la sociedad en su conjunto.

## CONCLUSIONES

Al concluir el trabajo se puede decir que la balística forense juega un papel fundamental en la resolución de crímenes, especialmente aquellos relacionados con muertes violentas. A través del análisis detallado de proyectiles, trayectorias y residuos de disparo, es posible identificar al agresor, reconstruir la escena del crimen y proporcionar evidencia crucial para los procesos judiciales. En el contexto de Ecuador, donde los homicidios por armas de fuego han mostrado un alarmante incremento en los últimos años, la balística forense se presenta como una herramienta indispensable para enfrentar la criminalidad y reforzar el sistema de justicia.

Los recientes avances tecnológicos han revolucionado el campo de la balística forense. Estas innovaciones no solo optimizan la identificación de armas y trayectorias, sino que también ofrecen nuevas oportunidades para la resolución de casos complejos, contribuyendo significativamente a la administración de justicia. La colaboración internacional y el enfoque multidisciplinario son elementos clave en el desarrollo de éste objeto de investigación. Esto es particularmente relevante en un mundo globalizado donde los crímenes pueden tener ramificaciones internacionales, haciendo necesaria la cooperación entre diferentes jurisdicciones y expertos.

A pesar de los avances, la balística forense enfrenta desafíos significativos, como la necesidad de estandarización de métodos, la adaptación a nuevas formas de criminalidad y la superación de barreras tecnológicas en ciertos contextos. Además, la integración de la balística forense con otras disciplinas forenses y el enfoque en la salud pública pueden ofrecer nuevas perspectivas para abordar el problema de las muertes violentas en Ecuador y más allá. Esta temática no solo es importante para la resolución de crímenes, sino que también tiene un impacto significativo en la salud pública. El aumento de homicidios por armas de fuego en Ecuador señala la necesidad de enfoques integrados que consideren no solo la justicia penal, sino también la prevención y el tratamiento de los efectos de la violencia armada en la sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bar AR. Investigación científica e investigación criminalística. Cinta de Moebio: Revista Electrónica de

Epistemología de Ciencias Sociales. 2003(16):5. <https://cintademoebio.uchile.cl/index.php/CDM/article/view/26168>

2. Torres Medrano R. La investigación criminalística. Repositorio Institucional de la UNLP: Universidad Nacional de la Plata; 2020. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/105528/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/105528/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

3. Mendoza Lora C. Los estudios de balística forense y su trascendencia en la investigación preliminar y preparatoria en los delitos contra la vida, en el distrito fiscal de Huaura, periodo 2016-2017. 2019. <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20,500.13084/2754/MENDOZA%20LORA%20C%C3%89SAR%20-%20MAESTR%C3%8DA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

4. Ortiz JJ. bALÍSTICA FOREnSE: InICIOs. Cuadernos de criminología: revista de criminología y ciencias forenses. 2011(12):6-11. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3583881.pdf>

5. Ojeda Flor PE. Relación de la traumatología forense en casos de heridas por arma de fuego en atención primaria en salud. Machala, Ecuador: Facultad de ciencias químicas y de salud. Carrera de Ciencias Médicas. Universidad Técnica de Machala; 2022. [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19292/1/E-11649\\_OJEDA%20FLOR%20PRISCILLA%20ELIZABETH.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19292/1/E-11649_OJEDA%20FLOR%20PRISCILLA%20ELIZABETH.pdf)

6. Avelle. Balística forense: Universidad de Málaga; 2023. <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/9439/Arma%20de%20Fuego.%20Bal%C3%ADstica.pdf>

7. Ramírez K. ¿Ecuador está preparado para el porte de armas? : Conexión Puce; 2023. Available from: <https://conexion.puce.edu.ec/ecuador-esta-preparado-para-el-porte-de-armas/>.

8. A O. Boletín semestral de homicidios intencionales en el Ecuador: Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado (OECO); 2023. <https://oeco.pdf.org/wp-content/uploads/2023/09/BOLETIN-SEMESTRAL-DE-HOMICIDIOS.pdf>

9. Loaiza Y. La provincia ecuatoriana de Esmeraldas es una de las más violentas de Latinoamérica: Infoabe; 2023. Available from: <https://www.infobae.com/america/america-latina/2023/06/21/la-provincia-ecuatoriana-de-esmeraldas-es-una-de-las-mas-violentas-de-latinoamerica/>.

10. Sánchez Sánchez JA. Concepto de muerte natural, violenta y sospechosa de criminalidad. Fenómenos cadavéricos y su evolución 2018. Available from: <https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento29637.pdf>.

11. Cuadros Silva EL, Muñoz Galíndez DT, Rojas Marulanda N. Balística identificativa y los residuos de disparo en la investigación criminal: Universidad La Gran Colombia; 2017. <https://repository.ugc.edu.co/handle/1396/4817>

12. Braga AA, Cook PJ. The Association of Firearm Caliber With Likelihood of Death From Gunshot Injury in Criminal Assaults. JAMA Network Open. 2018;1(3):e180833-e. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018,0833>

13. Braga AA, Turchan B, Barao L. The influence of investigative resources on homicide clearances. Journal of Quantitative Criminology. 2019;35:337-64. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10940-018-9386-9>

14. Accorinti JP, Otero N. Sistema Nacional Automatizado de Identificación Balística (SAIB). Skopein: La justicia en manos de la Ciencia. 2014(5):1. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5001965.pdf>

15. Torres MT, Andonaire FWV. Sistema Nacional de Registro Automatizado de Evidencias Balísticas: Una Propuesta Para Revertir la Baja Productividad Pericial de Identificación Positivas de Armas de Fuego y Autores de Disparos Con Propósito Criminal Que Realiza el Departamento de Balística y Explosivos Forense de la Dirección de Criminalística (Dircri) de la Policía Nacional del Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru); 2020. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20,500.12404/19727/TAFUR%20TORRES\\_VARGAS%20ANDONAIRE\\_EVIDENCIAS\\_BALISTICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20,500.12404/19727/TAFUR%20TORRES_VARGAS%20ANDONAIRE_EVIDENCIAS_BALISTICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

16. Constanzo B, Cistoldi P, Iturriaga JI, Di Iorio A. La informática forense y sus analogías: la balística digital. 2016. [https://www.researchgate.net/profile/Info-Lab-Laboratory/publication/324064288\\_La\\_Informatica\\_Forense\\_y\\_sus\\_Analogias\\_la\\_Balistica\\_Digital/links/5abb9a99aca272a1dd7abb1a/La-Informatica-Forense-y-sus-Analogias-la-Balistica-Digital.pdf?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/profile/Info-Lab-Laboratory/publication/324064288_La_Informatica_Forense_y_sus_Analogias_la_Balistica_Digital/links/5abb9a99aca272a1dd7abb1a/La-Informatica-Forense-y-sus-Analogias-la-Balistica-Digital.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19)

17. Vanini G, Destefani CA, Merlo BB, Carneiro MTWD, Filgueiras PR, Poppi RJ, et al. Forensic ballistics by inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy: Quantification of gunshot residues and prediction of the number of shots using different firearms. *Microchemical Journal*. 2015;118:19-25. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X14001490>

18. Giannelli PC. Ballistics evidence: Firearms identification. *Crim L Bull*. 1991;27:195, 7. <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/ballistics-evidence-firearms-identification>

19. Karger B. Forensic Ballistics. In: Tsokos M, editor. *Forensic Pathology Reviews*. Totowa, NJ: Humana Press; 2008. p. 139-72. [https://doi.org/10.1007/978-1-59745-110-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-59745-110-9_9)

20. Haar RJ, Iacopino V, Ranadive N, Dandu M, Weiser SD. Death, injury and disability from kinetic impact projectiles in crowd-control settings: a systematic review. *BMJ open*. 2017;7(12):e018154. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29255079/>

21. Arrieta Perea CC, Machado Guerrero NA, Perilla Camacho VS. La balística medio científico para el esclarecimiento de un homicidio. Universidad La Gran Colombia; 2015. <http://hdl.handle.net/11396/5016>

22. Hill BT, Mofokeng JT, Khosa D. A Critical Analysis of Ballistic Evidence in South Africa. *OIDA International Journal of Sustainable Development*. 2024;17(06):21-40. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4818958](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4818958)

23. Adaluzgo. Pruebas balísticas: Arsenal; 2019. Disponible en: <https://www.arsenalprotect.com/post/pruebas-bal%C3%ADsticas>.

24. Mera Jiménez DG. Influencia del Sistema Integrado de Identificación Balística en la resolución de muertes producidas por armas de fuego en Ecuador. *ISUPOL, Revista de Investigación en Seguridad Ciudadana y Orden Público*. 2021;3(3): 58-66. <https://innovacionsaber.isupol.edu.ec/index.php/innovacion/article/view/96/40>

25. Camilo-Momblanc L, Jardines-O´Ryan ME. Infracción del deber de cuidado y responsabilidad penal del profesional de la salud. *Rev Inf Cient [Internet]*. 2023;102(0). <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/4234>

26. Chávez-Márquez IL, De los Ríos Chávez HJ. Niveles de ansiedad en estudiantes universitarios y factores asociados; estudio cuantitativo. *Dilemas contemp: educ política valores [Internet]*. 2023 [cited 2024 Sep 14]; Available from: <https://dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/3584>

## FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Curación de datos:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Análisis formal:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Adquisición de fondos:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Investigación:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Metodología:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Administración del proyecto:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Recursos:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Software:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Supervisión:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Validación:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Visualización:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Redacción - borrador original:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.

*Redacción - revisión y edición:* Karla Indira Hurtado Serrano, Isaac Joshua Guamán Alarcón, Angel Eduardo Reinoso Alban, Dayana Mercedes Tenorio Lagla.