



Somos **calidad,**
somos **USC**

**Lesiones causadas por disparos con carga múltiple a niveles médico legal y
balístico**

Juan José Arce

Juan Pablo Terán Castaño

Ángela Daniela Tovar Narváez

Universidad Santiago de Cali

Facultad de Medicina

Diplomado Medicina Forense

Santiago de Cali

2024

Tabla de contenido

Resumen.....	7
Introducción.....	8
1 Armas de fuego.....	10
1.1 Historia de las armas de fuego	10
1.2 Clasificación de las armas de fuego	14
1.3 Armas de fuego tipo escopeta	23
2 Municiones.....	28
2.1 Historia	28
2.2 Componentes de la munición	31
2.3 Munición o cartucho de carga múltiple	35
2.4 Tipos de proyectiles.....	37
2.5 Fabricación en Colombia	38
3 Balística	43
3.1 Balística interior	43
3.2 Balística exterior.....	44
3.3 Balística de efectos o terminal.....	45
3.4 Balística forense	50
4 Heridas por arma de fuego	53

4.1	Heridas por arma de fuego de carga múltiple.....	55
4.2	Lesiones causadas por el efecto de los compones del cartucho de carga múltiple	
	59	
4.2.1	Lesiones originadas por el pistón de potencia o taco	59
4.2.2	Lesiones originadas por granos de pólvora	60
4.2.3	Marcas producidas por el humo o gasificación del plomo	60
4.2.4	Lesiones originadas por la llama	61
4.2.5	Lesiones originadas por los gases	61
4.2.6	Lesiones originadas por el relleno de polietileno entre los proyectiles múltiples.....	61
4.3	Lesiones causadas por disparos de carga múltiple a diversas distancias	62
4.4	Lesiones causadas por disparos de carga múltiple a diversas distancias	66
4.4.1	A contacto.....	66
4.4.2	Heridas inferiores a 60cm.....	67
4.4.3	Heridas hasta un metro- 100cm	68
4.4.4	Heridas superiores a un metro -100cm.....	69
4.4.5	A distancias mayores a los tres metros (3m).....	70
5	Residuos de disparo	71
5.1	En piel	
	71	

5.2	En prendas	72
5.3	Exámenes forenses	73
6	Conclusiones	78
7	Glosario.....	83
	Referencias	85

Lista de tablas

Tabla 1: Diámetros reales de los calibres más comunes	24
---	----

Lista de figuras

Figura 1: Componentes de la munición.....	33
Figura 2: Tipos de conchas o pistones.....	33
Figura 3 Según la forma externa del culote.....	34
Figura 4 : Partes de un cartucho	35
Figura 5 : proyectiles según su forma	37
Figura 6: Munición producida por INDUMIL para escopetas.....	42
Figura 7: Clasificación de las postas según tablas técnicas internacionales.....	54
Figura 8: Clasificación de los perdigones según tablas técnicas internacionales	54
Figura 9: Diferentes choques de las escopetas y efectos	56
Figura 10: Pistones de potencia.....	59
Figura 11: Relleno de polietileno empleado en cartuchos de carga múltiple.....	62
Figura 12: A contacto	66
Figura 13: Heridas inferiores a 60cm	67
Figura 14: Heridas hasta un metro de distancia (100cm).....	68
Figura 15: Heridas superiores a un metro de distancia (100cm).....	69
Figura 16: A distancias mayores a 3 metros	70
Figura 17: Generación de residuos producto del disparo en armas de fuego imprimación al disparar un arma	71
Figura 18: Composición y resultado de pruebas de determinación del rango de distancia	75
Figura 19: Ejemplo de resultado con prueba de rodizonato de sodio para plomo.....	75
Figura 20: Ejemplo de resultado positivo con prueba de ditioxamida para cobre	76
Figura 21: Ejemplo de resultado positivo con prueba para pólvora.....	76

Resumen

Esta investigación exploró diversas facetas de la ciencia forense aplicada a armas de fuego, abordando cinco elementos fundamentales: armas de fuego, municiones, balística, heridas por arma de fuego y residuos de disparo. El documento inicia con una detallada exploración de la identificación precisa de armas de fuego, destacando la importancia de reconocer no solo el tipo de arma, sino también sus características únicas y grabados que sirven como huellas digitales. A continuación, se examinaron minuciosamente las complejidades de las municiones, haciendo hincapié en la necesidad de rastrear la historia de los cartuchos mediante análisis balísticos y características específicas para establecer conexiones vitales en investigaciones criminales. Posteriormente, se menciona la balística como una disciplina crucial para reconstruir eventos relacionados con armas de fuego, desde el análisis de trayectorias de proyectiles hasta la identificación de patrones balísticos, proporcionando una narrativa precisa y detallada de incidentes. En otro capítulo se desarrolló el tema de las heridas por arma de fuego, explorando no solo la morfología superficial, sino también los efectos internos y las implicaciones medicolegales, subrayando la colaboración entre profesionales forenses y médicos. Finalmente, se abordó la importancia del análisis de residuos de disparos como herramienta para vincular individuos con la descarga de armas de fuego. Se destaca el uso de técnicas avanzadas, para obtener resultados científicamente sólidos y respaldar evidencia circunstancial. Este documento proporciona una visión global de la ciencia forense en el contexto de armas de fuego, desde la identificación inicial hasta el análisis avanzado de residuos. Se enfatiza la interconexión esencial entre las diversas áreas y la necesidad continua de colaboración interdisciplinaria, tecnologías

avanzadas y adaptación constante para abordar la complejidad del crimen y preservar la integridad de la ciencia forense en este campo crítico.

Introducción

El estudio de las lesiones causadas por disparos con carga múltiple constituye un área multidisciplinaria que involucra aspectos médicos legales y balísticos. Comprender las complejidades de este fenómeno implica adentrarse en los capítulos fundamentales de las armas de fuego, las municiones, y la balística, que a su vez se entrelazan con el análisis de las heridas ocasionadas por estos dispositivos letales. Este marco de investigación aborda tanto los componentes fundamentales de las armas de fuego como los elementos constitutivos de las municiones, desglosando sus clasificaciones y características específicas.

El conocimiento detallado de las armas de fuego, desde su estructura hasta su funcionamiento, sienta las bases para comprender la naturaleza de las lesiones que pueden generar. Por lo que se exploran las categorías de armas de fuego, sus mecanismos de acción y cómo estos interactúan con los diferentes tipos de proyectiles, desde trazadores hasta explosivos, presentes en las municiones. Este análisis se extiende a los componentes individuales de las municiones, como el proyectil, el casquillo, el fulminante y la pólvora, permitiendo una comprensión más profunda de su papel en la generación de lesiones.

La balística, por su parte, se constituye como un campo crucial para develar los aspectos más significativo detrás de los disparos con carga múltiple. Desde la trayectoria de los proyectiles hasta la deformación de estos al impactar, la balística proporciona las herramientas necesarias para entender cómo se desarrollan las heridas por arma de

fuego. Asimismo, el rastro dejado por los residuos de disparo, analizado con meticulosidad, añade una capa adicional de información forense que contribuye a reconstruir los eventos y circunstancias relacionadas con los disparos múltiples.

En este contexto, la investigación se adentra en la aplicación médico legal de estos conocimientos. Se exploran estadísticas y cifras asociadas con las muertes violentas por proyectil de armas de fuego, identificando patrones y tendencia en la incidencia de estos eventos. Además, se examinan los procedimientos de medicina legal utilizados para determinar la causa y circunstancias de las lesiones por disparos con carga múltiple, proporcionando una visión integral de la labor pericial en este ámbito.

En síntesis, este estudio aborda la intersección entre las armas de fuego, las municiones, la balística y las lesiones producidas por disparos con carga múltiple desde una perspectiva médico legal. La comprensión detallada de estos elementos se traduce en una contribución significativa al análisis forense, arrojando luz sobre los complejos escenarios asociados con este tipo de lesiones.

1 Armas de fuego

1.1 Historia de las armas de fuego

El estudio de las armas de fuego desde la perspectiva médico legal y de balística es esencial para comprender las complejidades que rodean las lesiones causadas por disparos con carga múltiple. La evolución de las armas de fuego ha sido fundamental en la historia de la humanidad, marcando hitos en la guerra, la defensa personal y, lamentablemente, en la comisión de crímenes.

Desde épocas antiguas donde el hombre empezaba a desarrollar su evolución social, la necesidad de un arma que lo situara en condiciones similares a la de los animales de mayor peso y talla y en una situación favorable con respecto a otros hombres, le hizo prestar mucha más atención a los objetos propios de la naturaleza y a partir de ellos desarrollo instrumentos que tuviesen un carácter defensivo u ofensivo sea el caso.

Pero el hombre actuando como ente social, con frecuencia y por diferentes razones, también las utilizaba en contra de su propio pueblo, tribu, nación o familia.

De esto nace las diferentes definiciones de lo que puede ser un arma implantadas por diferentes autores.

En la Ley 3ra., párrafo 2do., Título XVI, Libro XLIII, Ulpiano expresó que "*Arms suni omnia tela, hec est fustes, et lapides, non solum gladii hastae, frameae*", que se traduce como "Las armas comprenden todos los instrumentos, es decir, varas y piedras, no limitándose solo a espadas, lanzas y jabalinas" (Posada, 2002, p. 1).

Por otro lado, Gayo, en la Ley 54ta., párrafo 2do., Título II, Libro XLVII.D, proporcionó una explicación, indicando que "*Teli autem appellatione et ferrum, et fustis,*

et lapis, et denique emne quod nocendi causa habetur significatour," lo que se puede traducir como "El término 'armas' abarca tanto el hierro como la vara, la piedra y, en general, cualquier cosa utilizada con la intención de causar daño" (Posada, 2002, p. 1).

En la Ley 7ma., Título XXXIII, parte 7ma., de una época más reciente, los colonizadores fueron más inclusivos al considerar que "*E por esta palabra armas, non tan solamente se entienden los escudos, e las lorigas, e las lanças, e las espadas, e todas las otras armas con que los omes lidian, más los palos e las piedras*" (Posada, 2002, p. 1). Esto se traduce como "Y por la palabra 'armas', no solo se refiere a escudos, corazas, lanzas, espadas y todas las demás armas con las que los hombres luchan, sino también a palos y piedras" (Posada, 2002, p. 1).

Partiendo de las clasificaciones que engloban todo aquello que el ser humano pueda usar para atacar o defenderse, las armas, en su sentido más amplio, se categorizan de la siguiente manera hasta la contemporaneidad:

- Blancas:
 - ✓ Contundentes
 - ✓ Perforantes
 - ✓ Cortantes
- De proyección:
 - Mecánicas
 - De fuego: portátiles (individuales, colectivas o grupales)
 - Neumáticas: de aire o gás comprimido
 - Explosivas
 - Reactivas

Químicas

Atómicas

Cada cultura ha buscado dotar a sus poblaciones con armas cada vez más eficaces, poderosas o destructivas, destacando el descubrimiento de la pólvora por los chinos en el siglo IX a.C. Según Engels, este descubrimiento, junto con la invención de las armas de fuego, revolucionó las ciencias militares, desplazando gradualmente flechas, armaduras y fortificaciones de madera.

Aunque hay discrepancias sobre el descubrimiento de la pólvora, autores como Abraham De Memmingen atribuyen su origen al monje alemán Berthold Schwarz en 1313. Otras fuentes indican que los chinos ya conocían la pólvora antes de la era cristiana, utilizándola en fuegos artificiales y en la guerra, según Fray Andrés Aguirre.

Ustinov y Blium sugieren que la pólvora es una mejora de una mezcla combustible llamada "Fuegos Griegos", creada por un bizantino llamado Kalinnik, luego perfeccionada por los árabes. Marco Polo llevó la pólvora a Europa en el siglo XIII, pero su total expansión en el continente no ocurrió hasta el siglo XV.

La pólvora condujo al surgimiento de las armas de fuego alrededor del siglo XIV, inicialmente como piezas de artillería de gran calibre. Hacia finales del siglo XIV, aparecieron las primeras armas portátiles, como la "pistola" diseñada por Camill Betelli en el siglo XIV.

A mediados del siglo XVI, las armas de fuego portátiles aún no competían eficazmente con otras armas de proyección en términos de masa, durabilidad y velocidad de tiro. El uso de proyectiles esféricos de plomo en mosquetes mejoró su impacto y precisión, cambiando la correlación de poder.

El inconveniente principal era la recarga lenta, pero en 1863, Regul Pilon diseñó el primer fusil de autocarga. Posteriormente, la introducción del cerrojo y otros avances tecnológicos en el siglo XIX marcaron una nueva era para las armas de fuego.

En 1915, el italiano Pebelli creó la primera pistola ametralladora, precursora de armas modernas. Durante la Segunda Guerra Mundial, diversos países desarrollaron fusiles automáticos, fusiles de asalto y otras variantes, buscando versatilidad, potencia y menor retroceso.

Cada diseñador y fabricante de armas a lo largo de la historia ha buscado mejorar la comodidad, ligereza, economía y eficacia de sus creaciones, dando lugar al nacimiento de una nueva ciencia: la balística, que se encuentra en la intersección de la Mecánica, la Química y la Física.

Ahora bien, como el tema que ocupa esta investigación es el de las armas de fuego en el contexto de la medicina legal y la balística, se tiene en cuenta la definición de armas de fuego de Moreno González (1998), quien afirma que son artefactos con diversas dimensiones y formas, diseñados para expulsar de manera violenta ciertos proyectiles aprovechando la fuerza expansiva de los gases liberados durante la deflagración de la pólvora. Es relevante señalar que el proceso que culmina con la expulsión enérgica del proyectil hacia el espacio es iniciado por el fuego. Esta conexión entre el fuego y el mecanismo que resulta en la expulsión del proyectil ha llevado a que estos dispositivos mecánicos, creados para optimizar la utilización de las fuerzas de expansión de los gases de la pólvora, sean conocidos como "armas de fuego" (p. 20).

1.2 Clasificación de las armas de fuego

Antiguamente, la identificación de armas de fuego se basaba en el concepto del "taco". En el incidente conocido como el caso Cadoual los restos de papeles utilizados como tacos fueron hallados en la escena del tiroteo. Este descubrimiento permitió la identificación del autor, quien resultó ser el hijo del Sr. Troche, un relojero residente en Francia. A medida que evolucionó la tecnología, específicamente con la invención del cartucho, surgieron los proyectiles. Los expertos utilizaban las características de clase de estos proyectiles, como calibre, número, anchura y dirección de estrías, para cotejar con precisión los proyectiles relacionados con un incidente y los disparos efectuados por el arma en cuestión (Moreno González, 1998).

No obstante, la coincidencia en las características de clase solo llevaba a la conclusión de que "el proyectil había sido disparado por el arma del acusado o por otra similar". Destacadas figuras como Henry Goodard (1835), Alejandro Lacassagne (1889), Paúl Jeseride (1835) y Víctor Balthazard (como se citó en Moreno González, 1998, p. 17), son considerados pioneros en esta disciplina. Entre ellos, Balthazard sobresale al ser el primero en establecer la nomenclatura de los distintos elementos del arma que dejan su huella en la bala o el casquillo. Notó que, incluso en la producción en serie y con el mismo equipo, la apariencia de estos elementos varía lo suficiente como para posibilitar la identificación. Este avance representó un hito en la capacidad de la balística forense para vincular de manera única los proyectiles con las armas específicas que los dispararon (Moreno González, 1998).

Ahora bien, la clasificación de las armas de fuego atiende varios aspectos como: longitud del cañón, tipo de anima, tipo de carga que disparan, la forma de cargarlas. A continuación, se hablará de cada una de ellas.

- Según la longitud del cañón

- ✓ Armas de fuego cortas: comprenden las siguientes variedades: revólveres, pistolas automáticas y pistolas ametralladoras.

- ✓ Armas de fuego largas: comprenden las siguientes variedades; escopetas de casa, fusiles, carabinas, fusiles, ametralladoras y subfusil o metralleta.

- Según el tipo de anima

- ✓ De ánima lisa, a saber: escopetas

- ✓ De anima rayada, a saber: revólveres, pistolas, fusiles, ametralladoras, entre otras; las cuales se caracterizan por ser armas de fuego que poseen el anima o interior del cañón de un rayado que se denominan estrías y/o macizos que son los surcos o formaciones helicoidales en alto y bajo relieve, teniendo como un grupo también con un rayado un poco menos prominente están las armas de cañón poligonal y algunas mejoras que la marca Glock le realizó a sus armas poligonales que se dieron a conocer como sistema EBIS (Sistema mejorado de identificación de balas- AKA Miami Barrel) o Glock Marking Barrel.

- ✓ que es un método para que los proyectiles que son disparados en estos cañones adquieran huellas del interior del cañón y sean una forma más fácil y precisa para ser identificadas por parte de los estudios comparativos en los laboratorios de balística Forense que el con el tradicional poligonal que antes se usaba en algunos modelos de esta marca. El ángulo que forma esta recta con la

espira, se denomina ángulo del rayado. La dirección de las estrías puede ser de izquierda a derecha o a la inversa, según la fábrica que produce el arma, predominando las de rotación derecha en el mundo global de las diversas casas fabricantes.

✓ En el primer caso se dice que el rayado es en sentido dextrósum (derechas); en el segundo sinistrósum (izquierdas). Al igual el número de estrías y campos, lo mismo que su ancho y profundidad o altura, varían según la casa fabricante y el tipo de arma. Detalles todos que tienen importancia en la identificación del proyectil.

- Según la carga que disparan
 - ✓ Armas de proyectil único
 - ✓ Armas de proyectiles múltiples
- Según la forma de cargarlas
 - ✓ Armas de avancarga o de carga por la boca
 - ✓ Armas de retrocarga, se carga por la parte posterior que constituyen el sistema actualmente empleado por las armas de fuego modernas. (Moreno Gonzalez, 1998, pp. 20- 21)

A esta clasificación se añade el tipo percusión, comentado por la Asociación Gallega de Médicos Forenses (2019), que habla de que la relación con el sistema de percusión o ignición en armas de fuego es notable la evolución y variación que han experimentado a lo largo del tiempo. Se distinguen diversos tipos de percusión o ignición en las armas de retrocarga, siendo algunos de los más relevantes la percusión central, la percusión anular y las de LeFauchaux (lateral), también conocidas como de aguja o

espiga. A pesar de que las armas de avancarga introdujeron el sistema de ignición por chispa o fulminante, se incluyen en este análisis debido a que fue el primer sistema en aparecer en el mundo. Curiosamente, aún en la actualidad, este sistema se comercializa para actividades como el tiro de salón o el tiro deportivo, algunas que existen y con el paso de los años se han mantenido y que se conocen comúnmente como escopetas de fisto (Decreto 2535 de 1993, 1993, art. 4, literal c).

El sistema de aguja o LeFauchaux, uno de los más antiguos, se encuentra en armas como escopetas, fusiles y pistolas y es en esta época ya desapareció la munición con este tipo de percusión, este sistema implica una aguja o espiga ubicada en un lado del cartucho que al ser golpeada por el martillo-percutor del arma, se introduce en el cartucho, iniciando así la ignición de la pólvora.

En el caso del sistema de percusión anular, el fulminante o carga iniciadora se ubica en el borde del culote o base del cartucho, por lo tanto, el arma que utiliza este tipo de cartuchos debe incidir o golpear una zona de ese lado específico para que se produzca la detonación y el encendido y deflagración de la pólvora, algunos calibres comunes asociados a esta percusión incluyen aquellos pertenecientes a la familia del .22 (short, Long, Long Rifle y Magnum) y los de 6 mm Flobert, pero al igual que el anterior lentamente está desapareciendo del mercado este tipo de munición y se mantiene viva en algunos tipos de armas de fuego cada vez más escasas y en las armas utilizadas para la construcción como impulsor de los clavos en pistolas industriales.

Por último, se encuentran los cartuchos de percusión central, donde el fulminante se sitúa en el centro del culote o base de la vainilla en una copa metálica comúnmente conocida como fulminante, a diferencia de los cartuchos de percusión anular. La mayoría

de la munición empleada en la actualidad utiliza este sistema de percusión, tanto en cartuchería metálica como semimetálica. Dentro de esta categoría, se destacan dos (2) tipos de fulminantes: Berdan de dos (2) oídos y Bóxer con un (1) oído).

- Según su autonomía

La clasificación de las armas según su autonomía varía en función de factores como la presencia de cargador o depósito de munición, el sistema de disparo y el accionamiento de sus mecanismos.

A continuación, se presenta una clasificación más detallada.

a) Armas de mono tiro:

Este grupo abarca una diversidad de armas, siendo las escopetas de un solo cañón y las escopetas de dos cañones (yuxtapuestas y superpuestas) algunas de las más comunes. También se incluyen las pistolas lanza bengalas en esta categoría (Asociación Gallega de Médicos Forenses, 2019).

El funcionamiento de estas armas es sencillo: es necesario bascular el cañón o cañones para facilitar la introducción de un cartucho en cada uno, y luego volver a bascularlos para que queden cerrados en su posición original. Para efectuar un disparo, solo es necesario accionar el disparador o disparadores.

En el caso de las escopetas yuxtapuestas, algunas tienen un solo disparador para activar ambos cañones, mientras que otras disponen de dos disparadores, uno para cada cañón. Las escopetas superpuestas pueden tener un solo disparador con un selector que permite elegir el orden de los cañones a disparar, ya sea el superior primero y luego el inferior, o viceversa. También pueden encontrarse versiones con dos disparadores independientes, uno para cada cañón (Asociación Gallega de Médicos Forenses, 2019).

Es importante señalar que este tipo de armas suelen estar equipadas con chokes en la zona interior de los cañones, cerca de la boca de fuego. Estos chokes, generalmente cinco tipos (cilíndrico, $\frac{1}{4}$ de choke, $\frac{1}{2}$ de choke, $\frac{3}{4}$ de choke y full choke), reducen ligeramente el diámetro del cañón (Asociación Gallega de Médicos Forenses, 2019).

Armas de más de un disparo. Semiautomáticas, Automáticas entre otras.

Este sistema se emplea en armas como pistolas, subfusiles, fusiles de asalto y ametralladoras. Estas armas están equipadas con cargadores rectos, curvos, circulares o cintas, especialmente en el caso de las ametralladoras. El funcionamiento de este tipo de armas se basa en la combustión de la pólvora. Cuando se efectúa el primer disparo y se mantiene presionado el disparador, la detonación del cartucho provoca la combustión de la pólvora, expulsando el proyectil a través del cañón y desplazando hacia atrás el casquillo o vaina, junto con el cierre o corredera por efecto de sistemas como el de gases, bloque y rodillos. Durante este proceso, al entrar en contacto con el expulsor y ser enganchado por la uña extractora, el casquillo o vaina es expulsado por la ventana correspondiente con la ayuda de una pieza que se denomina eyector y que trasmite su huella a la vainilla. Luego, el cierre o corredera vuelve hacia adelante gracias a la acción de su muelle recuperador, los gases, preparando la recámara para recibir un nuevo cartucho.

Las armas de funcionamiento semiautomáticas corresponden a uno de los sistemas más comunes que podemos encontrar, tanto en las armas automáticas mencionadas anteriormente, como en mayoría de las pistolas, y en algunas escopetas

de un solo cañón que no están englobadas en las anteriores descritas en el apartado de monotiro.

El sistema de funcionamiento es idéntico al descrito en las armas automáticas con la única diferencia de que cada vez que se quiera efectuar un disparo hay que presionar el disparador, liberarlo y volver a presionarlo. (Asociación Gallega de Médicos Forenses, 2019, p. 20)

d) Armas de más de un disparo. De repetición

Dentro de esta categoría de armas, se encuentran aquellas con sistemas de palanca, cerrojo y corredera o trombón.

Sistema de palanca: en el caso de las armas con sistema de palanca, destacan las célebres carabinas WINCHESTER, frecuentemente vistas en películas estadounidenses. Estas armas cuentan con un depósito tubular ubicado debajo del cañón, con diversas capacidades (Asociación Gallega de Médicos Forenses, 2019).

Sistema de cerrojo: en el grupo de armas con sistema de cerrojo se incluyen los mosquetones, rifles y carabinas, como los antiguos mosquetones MAUSER utilizados en el ejército español, así como las carabinas empleadas por los guardas de campo y los rifles que se utilizan en monterías en la actualidad en nuestro territorio nacional. Todas estas armas poseen un cargador o depósito situado debajo del cierre, con diferentes capacidades (Asociación Gallega de Médicos Forenses, 2019).

Sistema de corredera o trombón: en el caso de las armas con sistema de corredera o trombón, se destacan las escopetas de un solo cañón, como las de las marcas MOSSBERG y FRANCHI en calibre 12. Estas armas disponen de un depósito tubular ubicado debajo del cañón, con diversas capacidades.

Los revólveres

Están equipados con un tambor o cilindro giratorio que varía en capacidad. Por lo general, se cargan mediante la basculación lateral del tambor, aunque existen casos en los que la alimentación y extracción se llevan a cabo a través de una ventana lateral o en revólveres más antiguos, mediante el sistema conocido como "T". Este último método bascula hacia adelante tanto el cañón como el tambor simultáneamente, permitiendo la alimentación de cartuchos y la extracción de casquillos o vainillas.

Estas armas pueden operar tanto en simple como en doble acción. En el primer modo, es necesario retroceder manualmente el martillo hasta que quede retenido en su posición más trasera; para disparar, se debe aplicar presión al disparador, generalmente alrededor de dos kilogramos. En cambio, en el modo de doble acción, el martillo parte desde su posición más adelantada o natural y al ejercer presión sobre el disparador, aproximadamente 5 kilogramos, se retrocede el martillo hacia su posición más retrasada, liberándolo en un punto del recorrido donde incide sobre el cartucho o la aguja percutora, lo que provoca el disparo (Asociación Gallega de Médicos Forenses, 2019).

- Según la velocidad alcanzada por el proyectil

De acuerdo con la velocidad alcanzada por el proyectil, esta clasificación categoriza las armas en baja y alta velocidad. Las primeras disparan proyectiles que viajan a una velocidad inferior a la del sonido en el aire (340 m/s). Cuando estos proyectiles interactúan con los tejidos, crean un trayecto ligeramente más extenso que su diámetro (Pulgar Aro y Baculima Cumbe, 2022, p. 672).

En cambio, las segundas expulsan proyectiles capaces de alcanzar velocidades de hasta 1 500 m/s. Al superar la velocidad del sonido en el aire, el proyectil genera una zona de alta presión que se desplaza por delante de él a la misma velocidad. Al entrar en contacto con los tejidos, esta onda eleva momentáneamente la presión en ellos, provocando laceraciones en tejidos susceptibles como músculos, encéfalo, hígado y bazo. La zona de alta presión resultante crea cavitaciones alrededor del trayecto, siendo de 30 a 40 veces mayor que el diámetro del proyectil (Pulgar Aro y Baculima Cumbe, 2022, p. 672).

La clasificación detallada de armas, sistemas de percusión, y características de munición proporciona una comprensión integral de las diferentes tecnologías y mecanismos implicados en el disparo de proyectiles. Esta diversidad de armas y municiones, junto con la variabilidad en la velocidad de los proyectiles, impacta directamente en las lesiones resultantes y, por ende, en la evaluación médico legal y balística.

La clasificación de armas según su autonomía, sistemas de disparo y mecanismos de accionamiento también añade una capa adicional de complejidad al análisis forense. Desde armas de monotiro hasta sistemas automáticos, cada categoría tiene implicaciones específicas en términos de heridas y patrones balísticos.

En particular, las armas con carga múltiple introducen consideraciones adicionales en la evaluación médico legal y balística. La velocidad, el tipo de proyectil y la capacidad del tubular son factores cruciales que influyen en la gravedad y naturaleza de las lesiones. Además, la variabilidad en los sistemas de percusión o ignición agrega matices importantes al análisis forense.

En resumen, la comprensión detallada de la clasificación de armas, funcionamiento, sistemas de percusión, y tipos de munición empelada proporciona un marco sólido para abordar las lesiones causadas por disparos con carga múltiple desde perspectivas medicolegales y del campo de la Balística forense. Este enfoque integral es esencial para una evaluación precisa y completa de las implicaciones forenses relacionadas con el uso de este tipo de armas de fuego.

1.3 Armas de fuego tipo escopeta

Una escopeta es un tipo de arma de fuego diseñada para ser disparada desde el hombro, con un ánima lisa y la capacidad de disparar múltiples proyectiles (perdigones o postas) desde su cañón. La clasificación de un arma de fuego como la escopeta no depende de la longitud específica del cañón, aunque la legislación colombiana (Decreto 2535 de 1993, 1993, art. 11) exige que la longitud de cañón no sea superior a 22 pulgadas (55.8cm). Estas escopetas pueden operar mediante acción de bomba o carga automática. La variante superpuesta presenta dos (2) cañones dispuestos uno encima del otro, mientras que la versión de dos (2) cañones tiene los cañones colocados uno al lado del otro. Es posible que los dos (2) cañones de estas escopetas tengan estranguladores diferentes (DiMaio, 2016).

Las escopetas se distinguen de los rifles y las pistolas en términos de construcción, munición, balística y aplicación. Con las pólvoras modernas, cañones que superan las 18 y 20 pulgadas apenas generan aumentos significativos en la velocidad. La longitud adicional del cañón suele ser más una cuestión de tradición, estilo o preferencia personal por un radio de mira más largo.

Por lo general, los cañones de escopeta carecen de mira trasera y solo cuentan con una mira frontal rudimentaria o que ofrece poca precisión, como una pequeña muesca de latón. Sin embargo, debido al aumento en el uso de escopetas para caza de ciervos y autodefensa, ahora se fabrican cañones con miras de rifle y estrías opcionales.

Las escopetas pueden tener longitudes de cañón que varían de 18 a 36 pulgadas, siendo las más comunes de 26 y 28 pulgadas. El término "calibre" se utiliza para describir el diámetro interno del cañón, pero también y el más común para las escopetas de la escopeta es el relacionado al número de esferas o bolas de plomo de un calibre específico que se puedan obtener una libra ((0,454 Kg). Por ejemplo, en calibre 12 se necesitarían 12 bolas de plomo para formar 1 libra.

Los diámetros reales de los calibres más comunes son los siguientes:

Tabla 1: *Diámetros reales de los calibres más comunes*

Indicador	Diámetro del agujero	
	(en.)	(mm)
10	0.775	19.3
12	0.729	18.2
--	0.662	16.8
20	0.615	15.7
28	0.550	13.8
.410	0.410	10.2

Nota. El autor a partir de (DiMaio, 2016).

Aunque las escopetas pueden disparar un (1) solo proyectil para el caso de los proyectiles especiales (balas o proyectiles Brenneke, slug, slug sabot, entre otros), también suelen emplearse para disparar múltiples proyectiles esféricos (perdigones o postas). Existen cañones estriados para escopetas diseñados para utilizar balas. Las escopetas pueden tener diversos mecanismos, como carga automática, bomba, arriba/abajo, lado a lado, acción de cerrojo o tiro único.

La estructura del cañón de una escopeta se divide en tres (3) secciones: la recámara, el cono de fuerza y el ánima (interior de cañón). La recámara encierra el cartucho de la escopeta, siendo un poco más grande que el orificio. El cono de fuerza, entre la cámara y el orificio, constriñe o comprime la carga a medida que sale del cartucho, permitiendo la introducción suave y agrupada de los proyectiles esféricos (perdigones o postas) en el cañón.

Las escopetas suelen tener algún grado de estrangulamiento (choque) en el cañón para agrupar los proyectiles y controlar el tamaño de los patrones de disparo. Este estrangulador puede ser permanente o aceptar tubos de estrangulamiento que determinan la restricción del cañón. Los diferentes grados de estrangulamiento o choque afectan el tamaño del patrón, siendo los grados comunes cilindro completo, modificado, mejorado y cilindro.

En el pasado, los cartuchos de escopeta se construían de manera similar, con cuerpo de papel, cabeza de latón o acero, fulmínate, pólvora, tacos y tiro de plomo. La adición de estrangulamiento o choque en cañones de cilindro se hacía para mejorar la uniformidad de los patrones. Los diferentes tacos se utilizaban para distintos propósitos, como el taco base para llenar el espacio en el cartucho y separar los perdigones de la pólvora y evitar su afectación por el calor al momento del disparo.

A diferencia de los rifles, muchas escopetas permiten quitar fácilmente los cañones para tener varios de diferentes longitudes y estrangulamientos o choques. Algunas escopetas más antiguas contaban con poli choques que permitían cambiar el estrangulamiento girando un manguito. El calibre y el estrangulamiento no influyen significativamente en el tamaño de los patrones, ya que armas con estrangulamiento idéntico producen patrones similares en el mismo rango, diferenciándose solo en densidad.

En el contexto de la investigación sobre las lesiones causadas por disparos con carga múltiple (postas o perdigones) a niveles médico legal y de la balística forense, las escopetas adquieren relevancia significativa por tratarse de las mayor cantidad de armas que los emplean y cuyo diseño de este tipo están diseñadas para disparar múltiples perdigones o postas y en algunos casos un solo proyectil y debido a su naturaleza de carga múltiple, pueden tener un impacto distintivo en las lesiones que causan.

Características balísticas de las escopetas:

Patrones de disparo: las escopetas, al disparar múltiples perdigones o postas, crean patrones de dispersión dependiendo de la distancia del disparo. La dispersión de los perdigones o postas puede afectar la zona alcanzada en un disparo y, por lo tanto, influir en la naturaleza de las lesiones.

Estrangulamiento del cañón o choque: dependiendo del estrangulamiento en el cañón de la escopeta afecta el tamaño del patrón de dispersión, este factor puede ser crucial en términos de la extensión y gravedad de las lesiones causadas.

Longitud del cañón: la longitud del cañón puede influir en la velocidad de los perdigones o postas y, por ende, en la energía transferida al impactar el objetivo. Esto puede tener implicaciones en la gravedad de las lesiones causadas por disparos a diferentes distancias.

Munición de las escopetas:

Tipos de cartuchos: las escopetas utilizan una variedad de cartuchos, incluidos los cargados con perdigones o postas de diferentes tamaños, que de su elección del cartucho puede influir en la penetración y letalidad de los disparos.

Cargas especiales: además de los cartuchos convencionales, las escopetas pueden cargar cartuchos con proyectiles especiales (Brenneke, Slung), como munición

de fragmentación, lo que puede aumentar la complejidad y variabilidad de las lesiones causadas.

Aplicaciones y contexto:

Uso en defensa personal: las escopetas son a menudo consideradas como armas de elección para la defensa personal (Decreto 2535 de 1993, 1993, art. 11) y el control de multitudes, en estos casos la naturaleza de carga múltiple puede tener implicaciones específicas en la efectividad y consecuencias legales de su uso en tales situaciones.

Escopetas de caza: en el contexto de la caza, la elección de cartuchos y el patrón de dispersión pueden variar según el efecto perseguido. Esto puede influir en la tipología de las lesiones causadas.

Lesiones características:

Patrones de heridas: las lesiones causadas por escopetas pueden presentar patrones distintivos en función del patrón de dispersión, la distancia al objetivo y el tipo de munición.

Cavitación: la cavitación, causada por la onda de choque generada por la velocidad de los perdigones, puede tener consecuencias médicas específicas y debe ser considerada en la evaluación médico legal de las lesiones. (Ver capítulo 4).

Evolución de las Escopetas:

Tecnologías emergentes: la evolución de las escopetas, incluida la introducción de sistemas como las escopetas de carga automática, ha influido en la naturaleza de las lesiones causadas y puede presentar desafíos adicionales en términos de balística forense y las lesiones que estas generan a nivel médico legal.

De tal manera que, las escopetas, con su capacidad de carga múltiple y variedad de configuraciones, introducen consideraciones únicas en el análisis de las lesiones causadas por disparos de este tipo de armas de fuego. El diseño, los componentes de la

munición y en si el arma de fuego, son en contexto son conceptos o elementos cruciales para comprender la relación entre las escopetas y las lesiones resultantes, siendo este conocimiento esencial para evaluar y diferenciar en investigaciones medicolegales y de balística forense las lesiones causadas por estas armas de fuego.

2 Municiones

El estudio de las municiones es esencial para comprender en profundidad las lesiones causadas por disparos con carga múltiple a niveles medicolegales y de la balística forense. Las municiones han evolucionado a lo largo de la historia, influenciando directamente la naturaleza y daños presentes o resultantes en lesiones resultantes de disparos de armas de fuego. Este capítulo explorará la historia, los componentes, la munición de carga múltiple, los tipos de proyectiles, las clases y la fabricación de municiones en Colombia.

2.1 Historia

La munición constituye el conjunto de elementos esenciales para el funcionamiento de armas de fuego, englobando desde las balas empleadas en fusiles y pistolas hasta los perdigones y/o postas presentes en un cartucho. La pólvora se erige como el componente comúnmente utilizado para propulsar los proyectiles que ha evolucionado con el paso de los años a la par de los demás componentes de la munición en la búsqueda de una mayor efectividad en cada disparo. En épocas antiguas, como la de los mosquetes y arcabuces, el proceso de carga implicaba la inserción de pólvora y

bala en los cañones, con la pólvora comprimida mediante una baqueta que también se empleaba para introducir un taco de papel. La ignición se lograba mediante el encendido de una mecha, siendo este método laborioso y de duración considerable tanto en la carga como en la preparación para el disparo (Un poco de la historia de la munición, 2017).

En épocas antiguas, las municiones tenían su origen en piedras, pero a medida que el tiempo avanzaba, evolucionaron hasta convertirse en misiles y artefactos explosivos. A lo largo de la historia, las "municiones" experimentaron modificaciones significativas por parte del ser humano, destacándose la diversidad de proyectiles en términos de tipo y calibre que surgieron en distintos campos de batalla durante la Guerra de Independencia de los estados Unidos. La munición desempeña un papel fundamental en todas las armas de fuego, siendo esencial para su funcionamiento y eficacia, por lo cual un arma de fuego carece de utilidad sin la munición adecuada (Ortiz, 2022).

La década de 1840 marcó un hito con la invención del fusil de cartucho, transformando los tiempos de carga y permitiendo la versatilidad en las posiciones de uso del fusil. Inicialmente, los cartuchos se confeccionaban envueltos en cartón o tela encerada, albergando una pequeña cantidad de pólvora junto con la bala. Con el tiempo, se evolucionó hacia cartuchos con cilindros metálicos que contenían la carga, el cebo en el centro del culote y la bala en el extremo embutido en la boca de la vaina (Un poco de la historia de la munición, 2017).

En el afán de mejorar la eficiencia, Flobert desarrolló en 1845 un cartucho de vaina totalmente metálica y baja potencia, específicamente para su empleo en carabinas y pistolas de tiro de salón. Este cartucho, conocido como el .22 Corto, se considera como el pionero de los cartuchos modernos y fue derivado del cartucho Flobert.

Posteriormente, los armeros incorporaron una pequeña carga de pólvora al cartucho, brindándole mayor potencia, y modificaron la forma del proyectil hacia un diseño ojival (Un poco de la historia de la munición, 2017).

En la contemporaneidad, los centros de investigación y desarrollo se enfocan en optimizar los cartuchos existentes mediante los avances tecnológicos. Se busca obtener proyectiles que no solo ofrezcan mayor energía en el momento del impacto, sino también que presenten una capacidad mejorada de penetración. Este constante progreso y experimentación contribuyen al desarrollo continuo de la munición y, por ende, a la evolución de las armas de fuego.

Por otro lado, la munición desempeña un papel esencial en todas las armas de fuego, siendo fundamental para su operatividad y eficacia. Un arma de fuego carece de utilidad si no se utiliza con la munición adecuada, convirtiéndose en una pieza de metal inútil. La definición de munición incluye el cartucho completo o sus componentes, como las balas (proyectiles), casquillos, vainillas, cebos y propulsores, utilizados en armas pequeñas o ligeras, según las declaraciones de la Asamblea General de las Naciones Unidas (1999b) y el Protocolo sobre Armas de Fuego (2001, art. 3c, como se citó en Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC], 2020).

En términos de clasificación, la munición se identifica generalmente por su "calibre", que Pézard y Anders definen como el diámetro del cañón del arma, expresado en centésimas o milésimas de pulgada (por ejemplo, .22 o .357) o en milímetros (por ejemplo, 9 mm) (UNDOC, 2020, p. 1). El calibre, por ende, determina el tamaño del proyectil y puede variar en función de diferentes estándares nacionales, como se observa en los cartuchos francés y británico (Pézard, 2005, como se citó en UNODC, 2020).

La mayoría de las municiones, independientemente de su calibre, constan de un casquillo, vainas, pistón, carga propulsora y un proyectil. El proyectil, o bala, puede tener diferentes tamaños, formas y propósitos, determinados por el calibre y la elección del arma de fuego. Se mencionan distintos tipos de balas, como Lead Round Nose (LRN), Wad Cutter (WC), Semi Wad Cutter (SWC), entre otros, cada uno con características específicas.

La correcta identificación de las balas es de relevancia jurídica, investigativa y judicial. Jurídicamente, algunos tipos de municiones están restringidos o prohibidos a nivel nacional e internacional. Las investigaciones balísticas y el rastreo de armas de fuego también dependen de la identificación precisa de la munición. Herramientas como IBIS, NIBIN, EVOFINDER y ALIAS facilitan la identificación y el rastreo de municiones, contribuyendo a la investigación de crímenes.

Además, la munición puede ser objeto de rastreo para identificar las corrientes de tráfico ilícito de municiones. La identificación de fuentes y rutas de suministro de municiones es crucial, ya que la munición es esencial para el uso de armas de fuego. En situaciones donde las armas de fuego son modificadas para utilizar otro tipo de munición, comprender la munición y su uso se vuelve esencial para llevar a cabo rastreos más complejos.

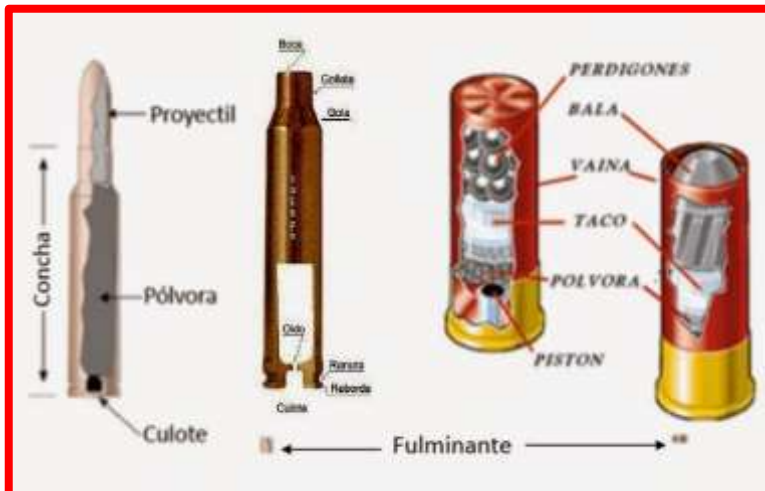
2.2 Componentes de la munición

El proyectil, en el contexto de las municiones, representa un objeto de forma regular que se proyecta al espacio como resultado de la acción de la fuerza propulsora generada por la combustión o deflagración de la pólvora contenida en el cartucho de un arma de fuego. La diversidad de proyectiles se clasifica atendiendo a diversos criterios,

como los efectos que producen (trazadoras, incendiarias, explosivas, perforantes), la silueta de su cuerpo (lisas, ranuradas, moleteadas, entalladas) y la forma geométrica (esféricas, cilíndricas, ojivales, así como variantes mixtas como cilindro-cónicas y cilindro-ogivales) (Blog de Balística CUA, 2022).

Concha/ casquillo o vainilla: es un componente esencial de las municiones para armas de fuego, diseñado con resistencia a la temperatura, oxidación y corrosión. Se configura como un receptáculo cilíndrico hueco, desempeñando funciones cruciales al contener la pólvora, servir como pieza de ensamblaje para los componentes de la munición y poseer elasticidad para actuar como cámara de expansión durante la deflagración de la pólvora. La clasificación se realiza según el material de su constitución (metálicas, semimetálicas, plásticas), el sistema de percusión (anular, central) y la forma externa del culote (Blog de Balística CUA, 2022).

Figura 1: Componentes de la munición



Nota. Tomado de (Blog de Balística CUA, 2022).

Las municiones se pueden categorizar según varios criterios, siendo los más significativos:

a) Según el material de su composición: metálicas, semimetálicas, plásticas.

b) Según el sistema de percusión: percusión anular, percusión central (Balística Forense, 2015). En el caso de las municiones de percusión central, su clasificación depende de la presencia o ausencia de yunque en la vaina, dividiéndose en:

Boxer (sin yunque)

Berdan (con yunque) (Balística MacLantarón, s.f.)

Figura 2: Tipos de conchas o pistones



Nota. Tomado de (Blog de Balística CUA, 2022).

c) Según su forma geométrica

d) Según la forma del culote

Figura 3

Según la forma externa del culote



Nota. Tomado de (Blog de Balística CUA, 2022).

Fulminante. Se encuentra situado en el interior del casquillo o vainilla, actúa como receptáculo para la mezcla fulminante. Su función principal es encender la pólvora y desencadenar la ignición que propulsa el proyectil. La composición del fulminante puede incluir plomo, bario y antimonio, aunque las modernas casas fabricantes han incorporado otros componentes similares en su fabricación (Blog de Balística CUA, 2022).

Pólvora o agente combusionan té: ejerce como la carga propulsora de la munición, proporcionando el impulso necesario al proyectil o los proyectiles para que recorra su trayectoria. La historia de las pólvoras evolucionó con el descubrimiento de la nitrocelulosa por Paul Vielle en 1884, dando origen a las pólvoras sin humo que ofrecían tres veces más potencia que la pólvora negra y una combustión con mínima emisión de humo. Se clasifican en pólvoras ordinarias (negra y parda) y sin humo (nitrocelulosa, doble base) (Blog de Balística CUA, 2022).

Clasificación adicional según la composición o velocidad de deflagración: progresivas, regresivas y de emisión constante.

2.3 Munición o cartucho de carga múltiple

Hace referencia a un tipo específico de arma de fuego, conocida como escopeta de retrocarga y ánima lisa, que se caracteriza por expulsar varios proyectiles, denominados perdigones o postas, en un solo intervalo de tiempo o disparo. Los perdigones o que tienen un calibre que varía entre 9.14 y 1.27 mm, están directamente relacionados con el diámetro y peso de los proyectiles. Esta escopeta está diseñada para ser utilizada en actividades deportivas, especialmente a distancias de alrededor de 100 metros. La mención de "retrocarga" indica que el mecanismo de carga de la escopeta se realiza desde la parte posterior del cañón, y "ánima lisa" indica que el interior del cañón no tiene estriado, lo que facilita la carga de perdigones y contribuye a su dispersión al ser disparados.

Los cartuchos contienen los proyectiles, dispositivos y compuestos diseñados para ser disparados exclusivamente por una escopeta.

Figura 4 : *Partes de un cartucho*



Nota. Tomado de (Blog de Balística CUA, 2022).

Casquillo o vaina: tiene como función impedir que los perdigones entren en contacto con las paredes del cañón, de esta forma la vaina actúa como aislante de la carga, impidiendo que los perdigones se abrasen y se deformen.

El culatín: está en la base del cartucho, tiene dos funciones servir de alojamiento al pistón y reforzar la zona donde se produce la combustión de la pólvora, está fabricado de latón principalmente.

El fulminante o pistón: es el elemento que contiene el explosivo sensible a la percusión. Cuando el percutor golpea el pistón la explosión que se genera enciende la pólvora; una característica importante es su sensibilidad definida como la fuerza mínima que debe aplicarse para que funcione.

La pólvora: compuesto que está dentro del cartucho; la combustión rápida sin explosión del compuesto produce gases cuya expansión expulsa la carga de perdigones o postas.

Taco o pistón de potencia: se observa en escopetas de caza, donde se encarga de separar los perdigones (carga de proyección) de la pólvora (carga de propulsión), esto es que separa los componentes del cartucho.

Es importante como elemento balístico en los casos de disparos a corta distancia o bocajarro puesto que puede provocar lesiones si impacta contra superficie blanda como la piel.

Perdigones o postas: se refiere a los proyectiles presentes en el cartucho de una escopeta, los cuales están constituidos por esferas de plomo u otro metal. Al realizar el disparo, estos proyectiles son expulsados del cañón, dispersándose y facilitando el

impacto en el blanco, especialmente a distancias cortas (Universidad Mariano Galvez de Guatemala, s.f., p. 1).

2.4 Tipos de proyectiles

Las municiones o proyectiles pueden ser clasificados de diversas maneras:

Por su calibre: de uso privativo o civil.

Por su alcance: de largo, mediano o corto alcance.

Por el uso: de guerra (uso exclusivo de la Fuerza Pública), defensa personal, deportiva o de cacería.

Por su composición: de plomo desnudo, blindadas, enchaquetadas, encamisadas, semienchaquetadas, semiencamisadas, punta hueca, ranuradas o de efecto expansivo controlado.

Por su destinación: para rifle, revólver, pistola, fusil, carabina o escopeta.

Por la forma del proyectil: puntiaguda, de ojiva, de punta roma o recortada.

Figura 5 : *Proyectiles según su forma*



Nota. Tomado de <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=xIAeTT%2bl&id=CD274063BA95F3BF1DD8642FDEDEAF22DB15110A&thid=OIP.xIAeTT-IHWi1UARac-tCdgHaGL&mediaurl=https%3a%2f%2f1.bp.blogspot.com%2f-Clases>

2.5 Fabricación en Colombia

La fabricación de municiones en Colombia, un tema intrínsecamente ligado a la problemática de las muertes violentas por proyectiles de armas de fuego arroja luz sobre un panorama complejo. De acuerdo con las estadísticas recopiladas por Medicina Legal para el año 2018, el país experimentó 8,146 homicidios de hombres, representando el 73.66% del total, mientras que las mujeres sufrieron 548 asesinatos, correspondientes al 52.90%. Estos números son solo una faceta de una realidad más amplia que abarca la violencia interpersonal, los crímenes de pareja y los suicidios, acumulando un total de 25,807 necropsias por muerte violenta (Mejía Azuero et al., 2020).

Al profundizar en los mecanismos causales, el proyectil de arma de fuego emerge como el protagonista indiscutible, contribuyendo al 73.66% de los homicidios masculinos y al 52.90% de los femeninos. El segundo método más utilizado es el cortopunzante, con un 24.13% y 18.04% en hombres y mujeres, respectivamente. Este análisis destaca la prevalencia y gravedad de la violencia armada en el contexto colombiano.

A pesar de indicios positivos durante las negociaciones de paz con las FARC, el año 2018 marcó un cambio preocupante con un aumento en los homicidios, volviendo a cifras cercanas a las registradas en 2014. Nuevos grupos armados y disidencias de las FARC han revivido el conflicto, afectando principalmente a la población masculina.

En el ámbito de la fabricación de municiones, la Industria Militar (INDUMIL) asume un papel destacado. Principales entre los productos fabricados se encuentran las municiones de calibre 32L, 38L y 9mm. Las cifras de producción entre 2010 y 2019 son notables: 714,275 unidades de munición Cal 32L, 11,407,250 unidades de munición Cal 38L y 25,911,548 unidades de munición Cal 9mm.

La exportación de munición 5.56 mm y 9 mm por parte de Colombia agrega un elemento internacional al escenario. Sin embargo, la información detallada sobre los compradores se mantiene confidencial, en virtud de acuerdos de confidencialidad, subrayando la delicadeza de la industria.

El tráfico ilegal de municiones es una preocupación persistente, y las Fuerzas Armadas han llevado a cabo decomisos de diversas armas y munición. La complejidad del control sobre el tráfico de armas se refleja en la falta de precisión en las cifras de munición incautada, señalando los desafíos en rastrear y controlar este fenómeno. Los decomisos abarcan munición de diferentes calibres, incluso aquellos que han sido objeto de prohibiciones por consideraciones humanitarias, como el 7.62x51 mm y el 7.62x39mm.

La relación entre la fabricación de municiones y el tráfico ilegal evidencia la necesidad de medidas más efectivas para abordar esta problemática que impacta directamente la seguridad y la estabilidad en Colombia.

En el contexto de la medicina legal y la balística, el análisis de las lesiones producidas por disparos de carga múltiple añade una dimensión crítica al abordar los impactos de la fabricación y uso de municiones en Colombia. El preocupante panorama de las muertes violentas por proyectiles de armas de fuego, alimentado en gran medida por el predominio de disparos de carga múltiple, subraya la importancia de una evaluación detallada y especializada.

Las cifras reveladas por Medicina Legal sobre las muertes violentas evidencian que el proyectil de arma de fuego, en particular aquellos que expulsan varios proyectiles en un mismo intervalo de tiempo o disparo, desempeña un papel significativo en la

génesis de lesiones mortales. La clasificación de estas muertes según género, mecanismo causal y tipos de armas utilizadas arroja luz sobre la complejidad y diversidad de los casos que llegan a los profesionales de la medicina legal.

La conexión entre la fabricación de municiones y la realidad de las lesiones provocadas por disparos de carga múltiple resalta la necesidad de un enfoque integral que involucre no solo a las autoridades encargadas de la seguridad y el control del tráfico de armas, sino también a expertos en medicina legal y balística. La información detallada sobre la producción de municiones en Colombia, en particular los tipos y cantidades, sirve como un punto de partida crítico para abordar la prevalencia de lesiones y muertes causadas por estas armas.

En el ámbito de la balística forense, la comprensión de las características de los proyectiles, su clasificación y los efectos que producen cobra una importancia significativa. Los profesionales de la medicina legal deben considerar no solo los aspectos mortales, sino también las lesiones no mortales que pueden resultar de disparos de carga múltiple, lo que implica un enfoque multidisciplinario para abordar las secuelas médicas y legales.

La colaboración entre expertos en medicina legal, balística y seguridad nacional es esencial para desarrollar estrategias efectivas que aborden tanto la fabricación como el tráfico ilegal de municiones. Además, la investigación en este campo contribuirá a comprender mejor los patrones de lesiones y mejorar los métodos de diagnóstico y tratamiento.

La intersección entre la fabricación de municiones, el tráfico ilegal y las lesiones producidas por disparos de carga múltiple subraya la necesidad urgente de abordar esta

problemática desde múltiples perspectivas. Solo a través de una acción coordinada y un enfoque integral se puede aspirar a reducir la incidencia de lesiones y muertes causadas por proyectiles de armas de fuego en Colombia.

En Colombia INDUMIL (Industria Militar) como empresa del estado y único ente gubernamental autorizado para comercializar, fabricar e importar armas municiones y explosivos, posee un gran complejo industrial donde en diversas sedes, se producen o importan municiones para surtir el mercado de portadores y tenedores de armas de fuego, en especial para tipo escopeta que se enmarcan en unos calibres específicos y del cual se ilustra a continuación: (ver Figura 6).

Figura 6: Munición producida por INDUMIL para escopetas

| MUNICIÓN

MUNICIÓN DEFENSA PARA ESCOPETA "BOCHICA"

BOCHICA DEFENSA ARGENTINA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	12	16	20
CALIBRE	12	16	20
NÚMERO DE PERFORACIONES	4, 5, 6, 7, 8	4, 5, 6, 7, 8	4, 5, 6, 7, 8
CARGA DE PLOMADO	30g	30g	30g
VELOCIDAD PROMEDIADA	340 m/s	340 m/s	340 m/s
PRECIOSIDAD MÁXIMA PROMEDIADA	100 g/100m	100 g/100m	100 g/100m
CONTENIDO DEL CARTUCHO	30 cartuchos	30 cartuchos	30 cartuchos
COLOR VAINILLA	Blanco	Blanco	Azul y Negro



MUNICIÓN DEPORTIVA PARA ESCOPETA "CONDOR"

CONDOR AMUNITION

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	12	16	20
CALIBRE	12	16	20
NÚMERO DE PERFORACIONES	4, 5, 6, 7, 8	4, 5, 6, 7, 8	4, 5, 6, 7, 8
CARGA DE PLOMADO	30g	30g	30g
VELOCIDAD PROMEDIADA	340 m/s	340 m/s	340 m/s
PRECIOSIDAD MÁXIMA PROMEDIADA	100 g/100m	100 g/100m	100 g/100m
CONTENIDO DEL CARTUCHO	30 cartuchos	30 cartuchos	30 cartuchos
COLOR VAINILLA	Blanco	Blanco	Azul y Negro



MUNICIÓN DEPORTIVA PARA ESCOPETA "PIJAO"

PIJAO AMUNITION

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	12	16	20
CALIBRE	12	16	20
NÚMERO DE PERFORACIONES	4, 5, 6, 7, 8	4, 5, 6, 7, 8	4, 5, 6, 7, 8
CARGA DE PLOMADO	30g	30g	30g
VELOCIDAD PROMEDIADA	340 m/s	340 m/s	340 m/s
PRECIOSIDAD MÁXIMA PROMEDIADA	100 g/100m	100 g/100m	100 g/100m
CONTENIDO DEL CARTUCHO	30 cartuchos	30 cartuchos	30 cartuchos
COLOR VAINILLA	Blanco	Blanco	Azul y Negro



48

Nota. Tomado del catálogo general de productos y servicios de INDUMIL.

3 Balística

La balística forense es una disciplina importante en la investigación de crímenes relacionados con armas de fuego, ofreciendo una perspectiva científica que desentraña los misterios implícitos en el comportamiento de proyectiles y cartuchos. Este capítulo abordará de manera integral los principios fundamentales de la balística, desde el momento en que un arma es disparada hasta la evaluación de sus efectos, proporcionando un enfoque esencial en el marco de la medicina forense y balística. Se analizarán aspectos clave como la trayectoria de las balas, los patrones de disparo y las variaciones en el impacto, arrojando luz sobre cómo estas evidencias pueden ser interpretadas para esclarecer casos en el ámbito judicial.

3.1 Balística interior

La balística forense, dividida en ramas como balística interior, exterior, de efectos y forense (identificativa, micro comparativa y reconstructiva). La balística interior debido a su importancia en la comprensión integral del ciclo del disparo. Esta rama analiza la estructura y el funcionamiento de las armas de fuego, así como los efectos generados durante el disparo, desempeñando un papel crucial en la diferenciación entre armas (Ortiz, 2020).

La balística interior comprende el proceso desde que se presiona el gatillo hasta que el proyectil abandona el cañón del arma (boca de fuego). Estudia la liberación de la energía contenida en el propelente y su conversión en energía cinética del proyectil que implica en este proceso fenómenos químicos, térmicos y físicos, siendo fundamental para la expulsión de la bala o proyectil.

Percusión: el usuario ejerce presión sobre el disparador para liberar los mecanismos de disparo y producir la percusión.

Iniciación del pistón: la mezcla fulminante reacciona, produciendo una llamarada transferida a través del pistón por el oído (s) según el empelado Bóxer o Berdan a la pólvora.

Combustión del propelente: los granos de pólvora queman gradualmente, generando presión y gases.

Movimiento del proyectil: presión expande el casquillo o los labios de la vainilla mientras el proyectil se desprende, ingresando al cañón.

Ocupación del rayado: el proyectil se incrusta en el rayado del cañón, iniciando su rotación.

Velocidad del proyectil: la presión continua acelera el proyectil, alcanzando máxima velocidad.

Desalojo del proyectil: gases iniciales crean viento balístico, impulsando la bala hasta su máxima velocidad.

Expulsión del casquillo: después de la salida del proyectil, los gases remanentes expulsan el casquillo.

Este análisis detallado de la balística interior proporciona una comprensión completa del ciclo del disparo, siendo crucial para la identificación de armas y la interpretación de evidencias en contextos forenses (Expresión forense, 2022).

3.2 Balística exterior

Pensar en la balística forense como un campo derivado de la ciencia de la balística presenta un desafío dentro de su ámbito, principalmente debido a la complejidad de la

balística exterior. Este campo implica aplicar conocimientos de la balística y la física para comprender desde los principios fundamentales, la trayectoria generada por el proyectil, movimientos del proyectil y fuerzas que los afectan en su desplazamiento hacia el blanco, características distintivas que hacen única a un arma de fuego. La distinción entre la balística forense y la balística en general se vuelve evidente en casos en los que un arma de fuego o sus componentes están involucrados en un delito tipificado, transformando automáticamente el campo de aplicación en balística forense (Ortiz, 2020).

La balística exterior se enfoca en estudiar los fenómenos que afectan a los proyectiles en vuelo, trayectoria generada desde su salida del arma hasta su impacto. Las fuerzas externas que lo afectan como el viento y las condiciones climáticas pueden influir en la trayectoria del proyectil. La fuerza de gravedad también actúa sobre el proyectil, y las fuerzas residuales y continuas, junto con otros factores, afectan su eficiencia (Ortiz, 2020).

En este estudio específico de la balística exterior, se exploran elementos como la trayectoria, las fuerzas que actúan en el proyectil, la velocidad, la dispersión, el alcance eficaz y el alcance máximo. Se aborda la clasificación de las trayectorias según su angulosidad, se analizan las influencias dinámicas, y se describen las fuerzas externas e internas que afectan el proyectil. También se examinan aspectos como la dispersión y los factores que influyen en el alcance eficaz y máximo del proyectil (Ortiz, 2020).

3.3 Balística de efectos o terminal

La balística terminal, también conocida como balística de efectos, constituye un campo sumamente complejo y multidisciplinario que se enfoca en el estudio de los impactos de proyectiles en tejidos biológicos y los consecuentes daños que estos

provocan. A diferencia de la balística interior y exterior, que se centran en aspectos más precisos del movimiento de los proyectiles antes y durante el disparo, la balística terminal se adentra en la intrincada interacción entre el proyectil, sus posibles fragmentos y los tejidos humanos impactados, lo cual, a su vez, genera una enorme dificultad para prever y comprender el potencial de lesión resultante (Manzano-Trovamala et al., 2001).

La complejidad de la balística terminal se refleja en la diversidad de factores que influyen en la magnitud de las lesiones producidas por un proyectil. Aspectos como el peso (masa), forma, velocidad, resistencia de los tejidos, coeficiente de arrastre y las propiedades viscoelásticas de los tejidos son cruciales en la determinación del daño. La energía cinética liberada por el proyectil en el momento del impacto se rige por la fórmula: $\text{Energía cinética} = \frac{1}{2} \times \text{masa} \times \text{velocidad}^2$.

La clasificación de los proyectiles en función de su velocidad al salir del cañón permite distinguir entre Proyectiles de Alta Velocidad (PAV), Proyectiles de Velocidad Media (PVM) y Proyectiles de Baja Velocidad (PBV). Esta clasificación no solo es fundamental para comprender las características de las armas de fuego, sino que también impacta significativamente en la magnitud y naturaleza de las lesiones ocasionadas. Por ejemplo, los PAV, al viajar a velocidades superiores a 2,000 pies/seg, tienden a generar mayor destrucción tisular debido a su tendencia a fragmentarse y producir efectos de cavitación temporal (Manzano-Trovamala et al., 2001).

En contextos de combate convencional, como guerras tradicionales, la mayoría de las lesiones provienen de artefactos explosivos, mientras que, en situaciones de guerra irregular o guerrilla, las armas de fuego son responsables de la mayoría de las heridas. En tiroteos civiles, la distancia a la que se infligen las lesiones juega un papel

crucial. Aproximadamente, a 7 metros de distancia, la velocidad del proyectil en el momento del impacto es similar a su velocidad de salida del cañón.

Diversos factores afectan la velocidad de impacto a mayores distancias, siendo uno de ellos el Coeficiente Balístico (CB), que expresa la capacidad de un proyectil para superar la resistencia del aire. Además, fenómenos como el "Yaw" (desviación en el eje longitudinal del proyectil), el "Tumbling" (girar sobre el eje vertical), la "Precession" (movimiento circular de la nariz del proyectil) y la "Nutation" (movimiento de la nariz en forma de roseta) pueden influir en la transferencia de energía a los tejidos y, por ende, en los daños resultantes (Manzano-Trovamala et al., 2001).

El daño tisular causado por el impacto de un proyectil puede ser directo o indirecto. Los mecanismos directos incluyen el corte o laceración causados por el proyectil o sus fragmentos, así como la transferencia de calor. En contraste, los mecanismos indirectos comprenden la compresión por ondas de choque de bajo desplazamiento longitudinal y la cavitación por ondas de cercenamiento o cizallamiento de alto desplazamiento transversal. Estas ondas de choque pueden provocar lesiones adyacentes a la trayectoria del proyectil (Manzano-Trovamala et al., 2001).

La cavidad temporal, una expansión inicial que precede a la cavidad definitiva, juega un papel crucial en la magnitud de la lesión. Esta cavidad temporal puede llegar a ser 10-15 veces mayor que el diámetro del proyectil, estirando, desplazando, contundiendo y desgarrando nervios, vasos sanguíneos y otros tejidos. La cavidad temporal puede colapsarse y expandirse varias veces en milisegundos hasta que la energía cinética se disipa por completo. Aunque algunos consideran que los efectos de

la cavidad temporal están sobrevalorados, su impacto en la lesión tisular es innegable (Manzano-Trovamala et al., 2001).

La fragmentación y deformación del proyectil también contribuyen significativamente a la magnitud de las lesiones. Proyectiles de punta blanda o con camisa de cobre pueden fragmentarse al atravesar los tejidos, dejando pequeños fragmentos dispersos radialmente. Esta fragmentación puede causar destrucción tisular extensa y cortar fibras musculares adyacentes en varios sitios, siendo identificada como una causa importante de disrupción tisular. Los proyectiles de alta velocidad, no fragmentables, pueden no causar las mismas lesiones.

La cantidad de tejido blando que puede ser aplastado por un proyectil es relativamente pequeña. Sin embargo, un proyectil con efecto de "tumbling" (giratorio) al impactar puede presentar un área mayor que su diámetro de sección, causando un daño más extenso. Lo mismo ocurre con los proyectiles que se deforman o forman un hongo. En resumen, la velocidad, fragmentación y "yaw" de un proyectil, así como la presencia de una cavidad temporal expansiva, influyen en la gravedad de la lesión tisular.

En cuanto a los proyectiles y armas específicas, existe una amplia variedad en el mercado. Los proyectiles comunes suelen consistir en una bala de plomo cubierta por una "camisa" de cobre, y su diseño varía según el propósito y la aplicación. Los rifles, al disparar a velocidades mucho mayores que las pistolas, tienden a causar lesiones más graves. Ejemplos notables incluyen rifles de caza, el famoso AK-47 ruso, y el rifle estadounidense M-16.

Las escopetas, por otro lado, presentan un calibre medido en "gauge", donde un número mayor indica un diámetro menor. Los diferentes calibres de escopetas y las

características de las postas, especialmente a diferentes distancias, determinan el tipo de lesiones causadas. Por ejemplo, las escopetas de cañón corto generan una dispersión más rápida de las postas o perdigones, buscando causar lesiones más amplias, mientras que las escopetas de cañón largo tienen una dispersión más ajustada, siendo más efectivas a distancias mayores (Manzano-Trovamala et al., 2001).

En el caso específico de las lesiones causadas por escopetas, la propagación de las postas o perdigones y la energía transmitida a los tejidos son factores clave. A distancias cercanas, las postas o perdigones se agrupan menos y causan lesiones más difusas, mientras que, a distancias mayores, la dispersión es mayor, aumentando la probabilidad de alcanzar objetivos específicos. Además, las postas o perdigones individuales, al impactar, pueden fragmentarse y causar lesiones adicionales (Manzano-Trovamala et al., 2001).

De tal manera que, la balística terminal es un campo complejo que aborda las consecuencias del impacto de proyectiles en tejidos biológicos. Desde la energía cinética liberada por el proyectil hasta los mecanismos de lesión, factores como la velocidad, fragmentación, "yaw" y diseño del proyectil, así como la distancia y el tipo de arma, desempeñan roles cruciales en la determinación de la gravedad y naturaleza de las lesiones. El estudio de casos específicos, como rifles de caza, rifles automáticos y escopetas, ilustra la diversidad de armas y proyectiles, cada uno con su propio conjunto de características y potencial de lesión. La comprensión de estos elementos es esencial tanto para el diseño de armas y proyectiles como para la evaluación médica de las lesiones resultantes, contribuyendo así al continuo desarrollo de la balística terminal (Manzano-Trovamala et al., 2001).

3.4 Balística forense

La balística forense es una disciplina especializada dentro de la criminalística que se enfoca en el estudio de las armas de fuego, los proyectiles y los efectos de estos en los incidentes criminales. Dentro de la balística forense, se llevan a cabo estudios para determinar si los elementos encontrados en la escena del crimen, como armas, proyectiles o casquillos, están relacionados con el arma recogida como evidencia u obtenidas dentro de la investigación, siendo su objetivo principal proporcionar evidencia científica para ayudar en la resolución de crímenes, especialmente aquellos relacionados con disparos de armas de fuego. Estos estudios implican ramas específicas de la balística general, como la balística interior, exterior y de efectos.

La balística forense desentraña información crucial a partir de la examinación de cartuchos, vainillas, proyectiles y otros elementos asociados con armas de fuego. Los expertos en balística forense pueden determinar, por ejemplo, si un proyectil específico proviene de un arma en particular, la distancia desde la cual se efectuó un disparo, la dirección del disparo y, en algunos casos, incluso el ángulo de impacto, motivo por el cual reviste importancia el trabajo en equipo con la parte médica para evaluar y registrar claramente cada uno de los aspectos presentes en la herida, ubicación, registro claro de las medidas o cotas del vértice y la línea media y zonas afectadas.

La identificación de armas de fuego específicas se realiza mediante el análisis de marcas de estrías y micro rayado dejadas en el proyectil durante su paso por el cañón. Estas marcas únicas son esenciales para vincular un proyectil recuperado en la escena del crimen con un arma de fuego en particular, aportando pruebas concluyentes en investigaciones criminales.

Además, la balística forense examina la relación entre el proyectil y el blanco, evaluando factores como la forma y profundidad de las heridas, el patrón de dispersión de los fragmentos y otros elementos relacionados con la balística terminal. Estos detalles pueden proporcionar información valiosa sobre la distancia entre el tirador y el blanco, el tipo de munición utilizada y, en algunos casos, características específicas del arma de fuego.

La reconstrucción de incidentes y la interpretación de la evidencia balística son esenciales en la labor de los peritos balísticos forenses. A través de técnicas avanzadas, como la comparación de marcas de estrías y el uso de bases de datos balísticas, estos profesionales contribuyen significativamente a la elucidación de crímenes y a la presentación de pruebas en procedimientos legales.

En este orden de ideas, la balística forense desempeña un papel crucial en la investigación criminal, utilizando principios científicos para analizar y entender los eventos relacionados con el uso de armas de fuego. Desde la identificación de armas hasta la interpretación de patrones de heridas, los expertos en balística forense desentrañan la información contenida en proyectiles y cartuchos para proporcionar pruebas valiosas que contribuyen a la administración de justicia y la resolución de crímenes.

Aunque algunos autores menosprecian la importancia de la balística exterior, argumentando que se limita al estudio de las trayectorias, se subraya la relevancia de comprender los defectos de las armas de fuego, la forma del proyectil, la velocidad de disparo y considerar factores ambientales como el viento y las condiciones climáticas (Ortiz, 2020).

4 Heridas por arma de fuego

Este capítulo se adentrará en el mundo de las heridas causadas por armas de fuego, desglosando las complejidades médicas y legales asociadas con estos impactos letales. Desde la entrada hasta la salida de la bala o proyectil, se exploran los efectos devastadores en los tejidos humanos, analizando cómo la medicina forense desentraña cada capa de evidencia para reconstruir la secuencia de eventos.

Para este aspecto es importante tener en cuenta algunos conceptos que abarcan en si los proyectiles disparados en armas de fuego, es por ello que se considera en este ámbito al proyectil como parte esencial e indiscutible y los efectos que este causa como un mecanismo imprescindible en la evaluación y conceptualización de este tipo de daños ocasionados por el proyectil disparado en las armas de fuego al atravesar por en diversas superficies en especial cuando afectan zonas del cuerpo humano, donde la gravedad y variedad de las lesiones son directamente proporcionales al tipo de proyectil que las causo, por tal motivo la conformación de estos proyectiles y la cantidad es al que se agrupa dentro del concepto de cartucho que corresponde a la unidad funcional necesaria para el arma de fuego. De ahí que dentro del ámbito general para estudio de las armas de fuego los cartuchos dentro de la presente los clasificamos según el siguiente criterio como fin único de clarificar y separar a un más el tema, así como relación con respecto a estos dos campos:








Cartuchos según la cantidad de proyectiles que contengan:

- De proyectil único:

Cada cartucho posee un solo proyectil y responde a los cartuchos utilizados por la gran mayoría de las armas disponibles en el mercado.











- De proyectiles múltiples:

Figura 7: Clasificación de las postas según tablas técnicas internacionales

BUCKSHOT SIZES	No. 4	No. 3	No. 2	No. 1	No. 0	No. 00	No. 000
PELLET DIAMETER							
(IN.)	.24	.25	.27	.30	.32	.33	.36
(MM)	6.10	6.35	6.86	7.62	8.13	8.38	9.14

Nota. Tomado de https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=rPZrycJ6&id=883756418BD882FE85F77CB4F520E5B476E16C94&thid=OIP.rPZrycJ6D_kf8_5Mxn_qigHaB2&medi aurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.acf66bc9c27a0ff91ff3fe4cc67

Figura 8: Clasificación de los perdigones según tablas técnicas internacionales

LEAD SHOT SIZES	12	9	8½	8	7½	6	5	4	2	BB
PELLET DIAMETER										
(IN.)	.050	.080	.085	.090	.095	.110	.120	.130	.150	.180
(MM)	1.27	2.03	2.16	2.29	2.41	2.79	3.05	3.30	3.81	4.57

Nota. Tomado de https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=rPZrycJ6&id=883756418BD882FE85F77CB4F520E5B476E16C94&thid=OIP.rPZrycJ6D_kf8_5Mxn_qigHaB2&medi aurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.acf66bc9c27a0ff91ff3fe4cc67

Las heridas por arma de fuego son un tema fundamental en el ámbito de la patología forense, especialmente en lo que respecta a los efectos lesivos en el organismo causados por disparos de armas cargadas. La evaluación de los daños provocados por el proyectil, tanto en el entorno como en la persona afectada, es esencial para determinar su causa desde una perspectiva medicolegal (Pulgar Aro y Baculima Cumbe, 2022).

Las lesiones causadas por disparos de bala se clasifican en dos tipos: penetrantes y perforantes. Las lesiones penetrantes se producen cuando una bala entra en un objeto y no sale; mientras que las lesiones perforantes ocurren cuando la bala atraviesa completamente el objeto. Es importante destacar que una herida puede presentar características tanto penetrantes como perforantes (DiMaio, 2016).

En el caso de las heridas por contacto, la boca del arma puede dejar rastros de hollín alrededor de la entrada, y este residuo se puede eliminar fácilmente. Además, en situaciones de contacto fuerte, la boca del arma se presiona fuertemente contra la piel, dejando una marca indentada donde la piel rodea la boca. En casos de contacto duro o firme, los bordes de la entrada muestran señales de chamuscado debido a los gases calientes de la combustión y se ennegrecen con hollín incrustado en la piel chamuscada, el cual no puede eliminarse completamente mediante lavado o frotado vigoroso de la herida.

Es relevante señalar que una bala que impacta en la cabeza puede atravesar el cráneo y el cerebro antes de detenerse debajo del cuero cabelludo, generando así una herida penetrante en la cabeza, pero perforante en el cráneo y el cerebro.

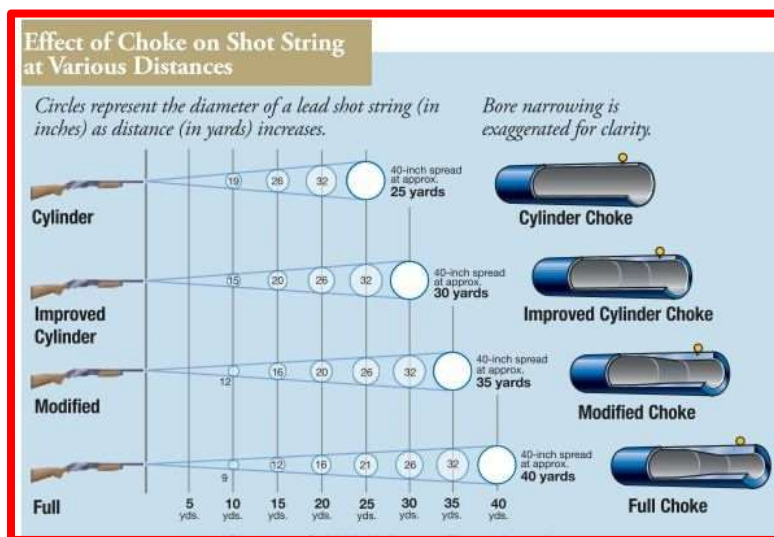
4.1 Heridas por arma de fuego de carga múltiple

Estos cartuchos poseen en su interior una cantidad variable de proyectiles, generalmente de forma esférica, denominados perdigones o postas que se agrupan en diversas clasificaciones según su tamaño, diámetro y de igual forma de usan dentro del mismo con un fin específico de acuerdo con los estándares de las casas fabricantes y el fin que se persigue empelados en las armas de fuego de cañón de anima lisa gentamente como la escopetas.

Teniendo como fundamento la anterior clasificación nos centraremos en la evaluación de las heridas causadas por proyectiles de carga múltiple, siendo el arma de mayor uso para dispararlos las escopetas y que en términos generales en algunos aspectos prácticos a nivel forense se constituyen como los mismos empleados en las armas de fuego estriadas.

También es importante tener como referencia que estos orificios de entradas varían notoriamente de acuerdo con el calibre del arma, el tipo de choque o estrangulamiento, tamaño y número de perdigones o postas, el pistón de potencia, así como la distancia del disparo.

Figura 9: *Diferentes choques de las escopetas y efectos*



Nota. Tomado de https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=O%2FOdNSng&id=30FBF64247269D7E4D07346B1E327E5F873EB7E2&thid=OIP.O_OdNSngXOdzbt36DG4p6AAA&mediurl=https%3A%2F%2Fi.pinimg.com%2Foriginals%2F24%2Fb9%2Fdc%2F24b9dc5b8f2d2dffa4876251bccfdb34.jpg&cdnurl=https%3A%2F%2Fth

Las heridas causadas por balas suelen constar de tres componentes: el orificio de entrada, el trayecto y el orificio de salida, aunque su forma puede variar según el número

de proyectiles y su velocidad. Cuando se observa tanto el orificio de entrada como el trayecto, se clasifican como heridas penetrantes; si existe el orificio de salida, se consideran heridas perforantes (Pulgar Aro y Baculima Cumbe, 2022).

Los proyectiles múltiples (perdigones o postas) de escopeta son balísticamente pobres porque al ser redondos presentan más área de superficie aumentando la resistencia y a la vez que tradicionalmente se han fabricado en plomo que ofrecen menor dureza y más facilidad de deformación al choque entre ellos al interior del cañón y fácil forma de desviación al interior del sitio de impacto o del organismo lo que aumenta notoriamente la no generación de orificios de salida causando en su mayoría heridas penetrantes y en algunos pocos casos perforantes,

Este tipo de disparos pueden causar quemaduras, disposiciones de hollín, grandes cantidades de plomo gasificado o en partículas y tatuaje presente en heridas en rangos de distancia cortos o de mediano alcance; por lo cual para evaluar el rango de distancia de disparo, se debe tener en cuenta estos parámetros cuando se hallen los fenómenos citados o mediante la ejecución de pruebas de conformación obteniendo patrones o muestras a diversas distancias de disparo con la escopeta y munición de igual marca para luego realizar la comparación y selección de la misma acorde a los fenómenos presentes en la herida.

Cuando se recuperen postas y/o perdigones y el pistón de potencia o taco deben ser retirados de inmediato y darle el tratamiento de EMP y EF, debido al que pistón de potencia nos proporcionara el calibre del arma de fuego empleada o escopeta y en algunos casos la marca de la munición, así como la muestra representativa recuperada

de perdigones y/o pastas orientaran sobre su tamaño y la posible clasificación dentro de este tipo de proyectiles.

El orificio de salida se forma cuando el proyectil aún tiene suficiente impulso para salir, presentando un borde evertido y mayor diámetro. En heridas de carga múltiple, las balas pueden perder energía cinética y no hay orificio de salida. También se mencionan heridas atípicas en cavidades como la boca o en el territorio craneoencefálico (Pulgar y Baculima, 2022).

Es importante evitar suturar los orificios de entrada y salida, a menos que sea estrictamente necesario, ya que proporcionan información valiosa desde el punto de vista criminalístico.

En casos de heridas por arma de fuego de carga múltiple, la determinación del disparo se realiza considerando la dispersión inherente que alcanzan los proyectiles, ya sean perdigones o pastas, de acuerdo con su diámetro, en el área de impacto. A medida que aumenta la distancia, la dispersión se incrementa, disminuyendo la capacidad de penetración de los proyectiles. La evaluación de la distancia se establece en función del grado de dispersión observado en los proyectiles (Pulgar Aro y Baculima Cumbe, 2022).

La dirección aproximada de los disparos se determina mediante el análisis de las trayectorias, tanto en dirección como en sentido. Esta información se obtiene durante la diligencia de inspección ocular, considerando el ángulo de impacto en la superficie corporal y el recorrido interno de los proyectiles. El ángulo de impacto en la superficie corporal puede ser identificado por la forma del anillo de Fisch (ya sea redondeado u ovalado), lo cual indica la perpendicularidad o no del disparo, así como por la forma del

tatuaje verdadero, que también puede ser redondeado u ovalado (Pulgar Aro y Baculima Cumbe, 2022).

Cuando se produce el disparo, emergen diversos elementos como perdigones, pólvora, monóxido de carbono, taco, llama y gases. Estos componentes provocan la formación de una única herida irregular, cuyo tamaño puede variar, en el orificio de entrada. Es importante destacar que, debido a la pérdida de energía cinética de estos proyectiles en el interior del organismo, es posible que no se observe un orificio de salida (Alfonso, 2022).

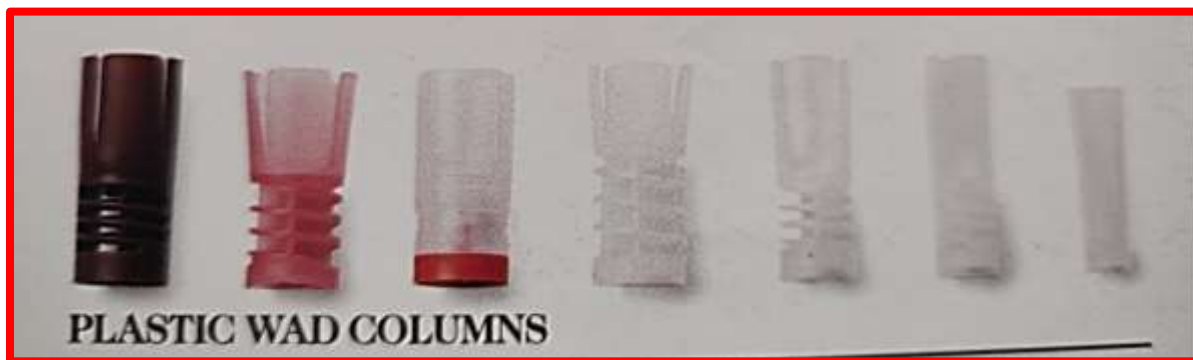
4.2 Lesiones causadas por el efecto de los compones del cartucho de carga múltiple

Cada elemento constitutivo del cartucho del arma de fuego de carga múltiple cumple una función y genera una serie de daños ya sea en la piel o prendas de vestir, según sea la distancia desde la cual se efectuó el disparo, así:

4.2.1 Lesiones originadas por el pistón de potencia o taco

Puede originar desde un gran orificio de entrada o una pequeña herida contusa causada por la penetración o el golpe del pistón de potencia y que va a variar según la dureza del mismo material de composición del pistón de potencia y la distancia a la cual se efectúe el disparo, toda vez que para el caso colombiano INDUMIL utiliza unos platicos menos robustos y fuertes como es el caso contario de las fabricadas internacionales como Remington o Winchester, por tal motivo de esto aspectos pude actuar como un proyectil único.

Figura 10: *Pistones de potencia*



Nota. Tomado de <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=TxArjKn2&id=1E7235FFA0A0A141A945712F973CD3C774665091&thid=OIP.TxArjKn2mXfVccThgDii6wAAAA&medi aurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.4f102b8ca9f69977d571>

4.2.2 Lesiones originadas por granos de pólvora

Este componente del cartucho es la encargada combustionar y generar los gases necesarios para propulsar la carga (pistón de potencia, perdigones y/o postas) hacia el blanco, la cual alcanza promedios de propulsión y alcance del blanco a distancias aproximadas o que oscilan entre los 50-60 cm y dentro del cual puede generar el tatuaje comúnmente conocido dentro los disparos en armas de fuego y que consiste con la incrustación de estos residuos al interior de la piel generando unos cortes o lesiones puntiformes localizadas en la periferia del orificio de entrada.

4.2.3 Marcas producidas por el humo o gasificación del plomo

Este tipo de fenómeno conocido como ahumamiento, se produce en distancias muy cercanas al sitio de impacto o el blanco y que son el producto de la deflagración de la pólvora y gasificación del plomo producido por el efecto de las altas temperaturas generadas en el disparo y cuya huella se halla en la periferia del orificio de entrada, oscila alrededor de los 30 cm donde es visible y marcada su concentración entre más cercano es el disparo es más concentrada y a medida que se aleja se va degradando o perdiendo

su textura y la reacción obtenida con pruebas químicas para la detección de los mismos que permite reflejar de forma clara el componente de estos residuos.

4.2.4 Lesiones originadas por la llama

En disparos a muy corta distancia la llama quema la piel alrededor del orificio de entrada produciendo una quemadura superficial de primer grado y apergamina miento de los bordes del orificio de entrada que puede tomar color pardo o amarillento y se puede causar en discantas que oscilan entre los 10 cm y en forma de chamusca miento hasta los 15 cm aproximadamente.

4.2.5 Lesiones originadas por los gases

En disparos a contacto los gases ingresan a la zona afectando o infiltran la piel y tejido celular subcutáneo, lo que generan grandes desgarros de la piel y afectando las zonas internas del sitio de impacto y que en conjunto con otra serie de residuos originan la boca de mina de Hoffman y que está demostrado que no superan sus efectos los 5cm.

4.2.6 Lesiones originadas por el relleno de polietileno entre los proyectiles múltiples

En 1963, Winchester–Western comenzó a cargar sus cartuchos de perdigones con perdigones empacados en relleno de polietileno blanco granular. Este relleno amortigua los perdigones al disparar, reduciendo la distorsión del disparo y mejorando el patrón de disparo. Remington pronto siguió el ejemplo de Winchester, inicialmente, el relleno de polietileno era de color negro con la confusión resultante con los granos de pólvora, motivo por el cual el relleno se produjo posteriormente en un color blanco, siendo así que, a fines de la década de 1970, Winchester, Remington y Federal estaban

cargando cartuchos de perdigones y perdigones Magnum con relleno blanco granulado. Motivo por el cual cuando se emplean estos cartuchos en distancias cortas este relleno puede causar punteados (marcas de pseudotatuajes) en la piel que pueden confundirse con tatuajes causados por pólvora en pólvora.

Figura 11: *Relleno de polietileno empleado en cartuchos de carga múltiple*



Nota.

Tomado

<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=pMXR3ap0&id=1B16934A3FA92C5C3E633495BBA7DA1960C6578C&thid=OIP.pMXR3ap0dyvkMXct7skBVwHaFI&mediurl=https%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F->

4.3 Lesiones causadas por disparos de carga múltiple a diversas distancias

El trayecto del proyectil en el cuerpo puede ser rectilíneo o desviarse al chocar con huesos, lo que dificulta la determinación precisa de la trayectoria mediante el examen clínico. En lesiones con múltiples proyectiles concentrados en un segmento corporal, correlacionar los orificios de entrada y salida, así como establecer las trayectorias individuales, puede resultar especialmente desafiante.

La forma, energía cinética y las estructuras encontradas durante la penetración del proyectil determinarán su trayectoria y las lesiones resultantes, así como la posibilidad de salir o permanecer dentro del cuerpo, siendo el caso de la carga múltiple un fenómeno normal que permanezcan dentro del cuerpo (García et al., 2011).

Las lesiones causadas por proyectiles pueden afectar todos los órganos y estructuras del cuerpo, siendo especialmente destacables en el cráneo, vísceras macizas y vasos sanguíneos. Además, se mencionan consideraciones sobre la manipulación de proyectiles dentro del cuerpo, destacando la importancia de la cadena de custodia y la evidencia criminalística. En cuanto a los orificios de entrada y salida, se abordan las características y la necesidad de evitar su sutura salvo en casos estrictamente necesarios (García et al., 2011).

En el contexto de las heridas por perdigones o postas, se destaca que cada uno actúa como un proyectil independiente, generando orificios de entrada y trayectorias separadas. La dispersión de los perdigones o postas aumenta con la distancia, afectando la capacidad de penetración y disminuyendo la posibilidad de orificios de salida. Se menciona la alta mortalidad de estas lesiones y la variación en la morfología de los orificios en relación con la distancia de disparo. La posible entrada del taco o pistón en la herida producida por los perdigones se señala como un aspecto a considerar y buscar en la atención médica (García et al., 2011).

Por otro lado, la problemática de las lesiones por arma de fuego (LE) representa un importante desafío para la salud pública; se estima que el grupo más afectado por estas lesiones son los varones de entre 20 y 29 años, a pesar de constituir solo un 0.5-2% del total de heridas por proyectil de arma de fuego. No obstante, este grupo genera

una significativa carga de morbilidad relacionada con la enfermedad, requiere considerables recursos humanos y materiales para su tratamiento, y está asociado con una tasa de mortalidad que no puede ser subestimada.

Dado que la balística de efectos de estas lesiones implica la presencia de traumatismos múltiples causados por postas o perdigones individuales, con variaciones en peso, tamaño y potencial de penetración, resulta esencial que los profesionales comprendan que la anatomía de estas lesiones difiere y no puede ser equiparada con la producida por proyectiles de armas de fuego convencionales, independientemente de la velocidad. Esta conciencia lleva a la comprensión de que la estrategia de manejo de las lesiones sigue siendo poco clara, lo cual limita la capacidad de estudiar el mecanismo de lesión. En consecuencia, los profesionales deben implementar enfoques diagnósticos y terapéuticos pertinentes para mejorar los resultados en términos de índices de supervivencia y funcionalidad (García-Núñez et al., 2020).

A pesar de los múltiples intentos para clasificar las lesiones por arma de fuego, ninguna clasificación ha logrado estandarizar la conducta ni establecer de manera concluyente la necesidad de tratamiento quirúrgico. En una revisión de la literatura sobre el tema, García-Núñez et al. (2020) señalan que Asensio, miembro del Grupo de Trauma de Los Ángeles, propuso en 2004 una modificación a la clasificación de Trunkey y Blaisdell basada en la distancia de disparo, proponiendo un enfoque respaldado por la experiencia clínica:

Tipo I: también conocidas como de "rango lejano". Estas lesiones se producen a más de 7 yardas de distancia y generalmente requieren cuidados superficiales de las heridas y extracción de las postaso o perdigones accesibles al operador. En términos

generales, las perspectivas para la supervivencia y el mantenimiento de las funciones vitales son favorables, con una tasa de mortalidad proyectada que oscila entre el 0% y el 5%.

Tipo II: denominadas de "rango intermedio". La distancia de disparo varía entre 3 y 7 yardas hacia la víctima. Estas lesiones son más profundas, necesitan un abordaje diagnóstico detallado y tienen una alta probabilidad de requerir intervención quirúrgica temprana. El pronóstico para la vida y la función es reservado, con una tasa de mortalidad del 5-10% (García-Núñez et al., 2020).

Tipo III: conocidas como de "rango corto". Estas lesiones se producen a una distancia menor de 3 yardas. Por lo general, involucran una destrucción profunda de la anatomía. Todos los pacientes requieren una intervención quirúrgica agresiva y muchos deben someterse a la estrategia de control de daños. El pronóstico para la función es consistentemente desfavorable, con una tasa de mortalidad que alcanza el 15-20%. Este tipo de lesión es la causa de la muerte en el 85% de los casos de mortalidad por LE (García-Núñez et al., 2020).

4.4 Lesiones causadas por disparos de carga múltiple a diversas distancias

4.4.1 A contacto

Figura 12: A contacto



Nota. Tomado de <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=IX3pg7sb&id=E44A3F9521CFD8A6B69D01B5B6436A7E810A325C&thid=OIP.IX3pg7sbpKEWeRDo9msPGgHaFj&mediaurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fheridasporarmadefuego-121105194956-phpapp01%2F95%2Fheridas-por-arma-de-fuego-6>

En las heridas por contacto fuerte, la boca del arma se mantiene muy apretada o apoyada contra el cuerpo o la piel envuelve la boca en el momento de la descarga. Todos los materiales que emergen de la boca se introducirán en la herida, dejando a menudo muy poca evidencia externa de que se trata de una herida por contacto. Sin embargo, la

inspección de la entrada generalmente revelará abrasión y ennegrecimiento del borde inmediato de la herida.

Este tipo de heridas en armas de fuego de carga múltiple son las más destructivas, toda vez que genera desprendimiento total de la zona y trituración de la superficie impactada, siendo notoria cuando las zonas afectadas son el cráneo. En otros casos el contacto se asocia a un orificio de gran tamaño y con bordes estrellados, chamuscamiento o quemadura de la periferia del orificio de entrada similar a las de proyectil único.

4.4.2 Heridas inferiores a 60cm

Figura 13: Heridas inferiores a 60cm



Nota. Tomado de <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=IX3pg7sb&id=E44A3F9521CFD8A6B69D01B5B6436A7E810A325C&thid=OIP.IX3pg7sbpKEWeRDo9msPGgHaFj&mediaurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fheridasporarmadefuego-121105194956-phpapp01%2F95%2Fheridas-por-arma-de-fuego-6>

Se puede visualizar un orificio único de gran tamaño con los bordes irregulares o discontinuos y gran cantidad de residuos en la periferia, como tatuaje y ahumamiento que a medida que aumenta la distancia se ven más dispersos y menos intenso como es

el caso del ahumamiento que oscila su punto final aproximadamente a los 30cm, dando paso a la parición definida del tatuaje que es la incrustación de gránulos de pólvora en la piel circundante al orificio de entrada.

4.4.3 Heridas hasta un metro- 100cm

Figura 14: *Heridas hasta un metro de distancia (100cm)*



Nota. Tomado de <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=IX3pg7sb&id=E44A3F9521CFD8A6B69D01B5B6436A7E810A325C&thid=OIP.IX3pg7sbpKEWeRDo9msPGgHaFj&mediaurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fheridasporarmadefuego-121105194956-phpapp01%2F95%2Fheridas-por-arma-de-fuego-6>

El orificio de entrada se visualiza como único y de gran tamaño, limite en el cual actúan los proyectiles y el pistón de potencia como corresponde a un proyectil único, con escasos residuos de disparo (pólvora) y presencia de anillo de contusión.

4.4.4 Heridas superiores a un metro -100cm

Figura 15: Heridas superiores a un metro de distancia (100cm)



Nota. Tomado de <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=IX3pg7sb&id=E44A3F9521CFD8A6B69D01B5B6436A7E810A325C&thid=OIP.IX3pg7sbpKEWeRDo9msPGgHaFj&mediaurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fheridasporarmadefuego-121105194956-phpapp01%2F95%2Fheridas-por-arma-de-fuego-6>

Después de este parámetro los proyectiles múltiples (postas o perdigones) empiezan a dispersarse creando lo que se denomina "*Rosa de dispersión*" donde cada proyectil múltiple actúa de forma independiente produciendo su propio orificio de entrada y los fenómenos que esto implica como el anillo de contusión entre otros, de igual forma estas heridas satélites aumentan conforme aumenta la distancia y varía el orificio de entrada central convirtiéndose en escoriaciones centrales producto del impacto del pistón de potencia.

4.4.5 A distancias mayores a los tres metros (3m)

Figura 16: A distancias mayores a 3 metros



Nota. Tomado de <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=IX3pg7sb&id=E44A3F9521CFD8A6B69D01B5B6436A7E810A325C&thid=OIP.IX3pg7sbpKEWeRDo9msPGgHaFj&mediurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fheridasporarmadefuego-121105194956-phpapp01%2F95%2Fheridas-por-arma-de-fuego-6>

Se logra apreciar múltiples orificios aislados y dispersos en un área grande por lo cual se debe medir la dispersión tomando como referencia el más retirado en cada caso y así poder estimar un rango de distancia del disparo. El pistón de potencia ya no tiene la suficiente fuerza para ingresar y solo hace impacto generando en algunos casos una lesión contundente de forma circular que indicaría la parte central del impacto.

5 Residuos de disparo

Los residuos de disparo son testigos mudos en la escena del crimen, revelando secretos cruciales sobre la dinámica de un evento armado. Este capítulo explora la detección, análisis y relevancia de los residuos de disparo en el ámbito forense y balístico. Desde la composición química de los residuos hasta su disposición en la escena, se examina cómo estos marcadores invisibles se convierten en piezas clave para reconstruir eventos, verificar testimonios y esclarecer circunstancias en el ámbito judicial.

Figura 17: *Generación de residuos producto del disparo en armas de fuego*



Nota. Tomado de https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=Afu6mEsN&id=B4345993ACD141054699592CAFE8E119743C0C34&thid=OIP.Afu6mEsN_SmyMPGbgCwCyAAAAA&mediaurl=https%3a%2f%2fforense.hpchile.cl%2fimages%2fstories%2ffruit%2f1.jpg

5.1 En piel

Cuando se acciona un arma de fuego, se generan diminutas partículas durante la explosión del fulminante y la salida del proyectil, las cuales se dispersan en el entorno, incluyendo partes del cuerpo. Estas partículas, conocidas como residuos inorgánicos de

disparo de arma de fuego, constituyen evidencia crucial de la activación de un arma y suelen estar compuestas principalmente de plomo (Pb), antimonio (Sb) y bario (Ba) que se depositan tanto en las manos de quien dispara el arma de fuego a menor escala como las que se adhieren en la superficie de ingreso del proyectil en el blanco al cual según las distancias existentes se cuenta con la presencia de pólvora. Es importante destacar que los residuos de disparo en la piel y las manos son fácilmente removibles con las actividades cotidianas normales. Por lo tanto, las muestras tomadas (manos del tirador) después de las seis horas posteriores al incidente tienen una alta probabilidad de no ser representativas para el análisis, cabe señalar que un resultado negativo no necesariamente indica la ausencia de residuos de disparo antes de la obtención de las muestras (Zanetti, 2015). También es importante tener en cuenta que estos residuos de disparo en si son importantes, pero se diferencian de los hallados sobre las prendas o piel donde impacta el proyectil, pues persiguen fines e interés diferentes dentro de la investigación criminal para determinar su implicación y aspectos relevantes tanto del sospechoso (manos) como de la víctima y son analizados desde dos (2) técnicas diferentes como son las instrumentales (manos del tirador) como en prendas o piel (víctimas) a partir de pruebas de análisis físicos (observación visual del perito y con apoyo de instrumentos ópticos) y colorimétricas para revelar los residuos no visibles.

5.2 En prendas

Cuando se dispara un arma de fuego, se expulsan residuos de disparo que provienen de elementos constitutivos del cartucho, como la pólvora, el proyectil, la vaina y el fulminante. Estos residuos, presentes en la periferia del orificio de entrada a corta distancia, son de interés forense y son examinados utilizando el Protocolo Estandarizado

Interinstitucionalmente, adoptado por la Fiscalía General de la Nación a través de la Resolución 0878 de mayo 14 de 2002 (como se citó en Fiscalía General de la Nación, 2005).

El protocolo implica un análisis físico que evalúa la presencia de ahumamiento, anillo de limpieza, gránulos de pólvora y partículas metálicas en la prenda de vestir. Además, se realiza un procesamiento químico para identificar nitritos (componentes de la pólvora deflagrada) mediante el reactivo de griess modificado, cobre con el reactivo ditioamida mejorada y plomo con el reactivo rodizonato de sodio mejorado (Fiscalía General de la Nación, 2005).

El análisis conjunto de los hallazgos físicos y químicos en la prenda de vestir permite, mediante la comparación con patrones de referencia, determinar un posible rango de distancia de disparo en el momento del incidente (Fiscalía General de la Nación, 2005).

5.3 Exámenes forenses

De tal manera que, la balística forense y, en particular, el análisis de residuos de disparo, desempeñan un papel crucial en la investigación criminal, proporcionando información valiosa para reconstruir eventos y esclarecer circunstancias en casos relacionados con armas de fuego en especial los que aporta la región circundante a las heridas u orificios de entrada presentes en la víctima.

En última instancia, el análisis de residuos de disparo no solo contribuye a la obtención de pruebas sólidas y confiables en el ámbito forense, sino que también desempeña un papel esencial en la administración de justicia, proporcionando a las autoridades judiciales informes periciales respaldados por métodos validados y

tecnologías avanzadas. Este enfoque científico riguroso no solo eleva los estándares de la investigación criminal, sino que también fortalece la confianza en los resultados presentados ante los tribunales, asegurando un proceso judicial justo y transparente.

Figura 18: Composición y resultado de pruebas de determinación del rango de distancia



Figura 19: Ejemplo de resultado con prueba de rodizonato de sodio para plomo



Figura 20: *Ejemplo de resultado positivo con prueba de ditioxiámina para cobre*

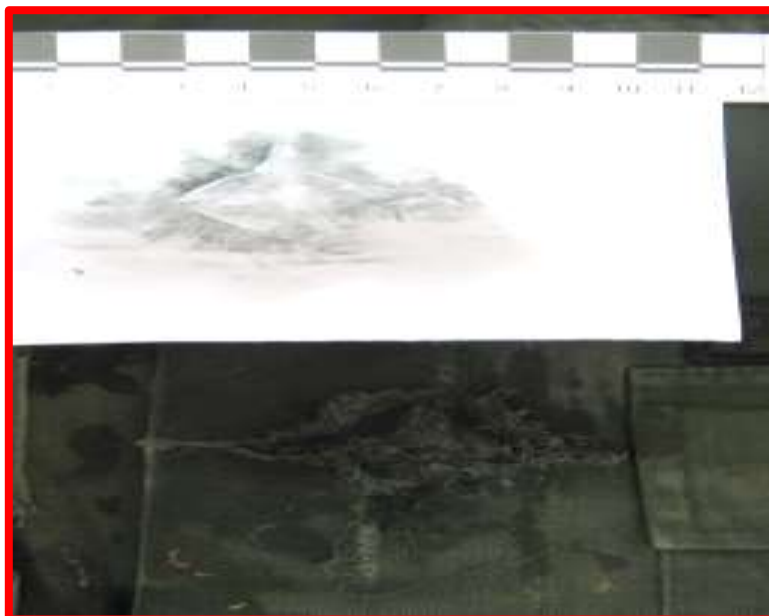
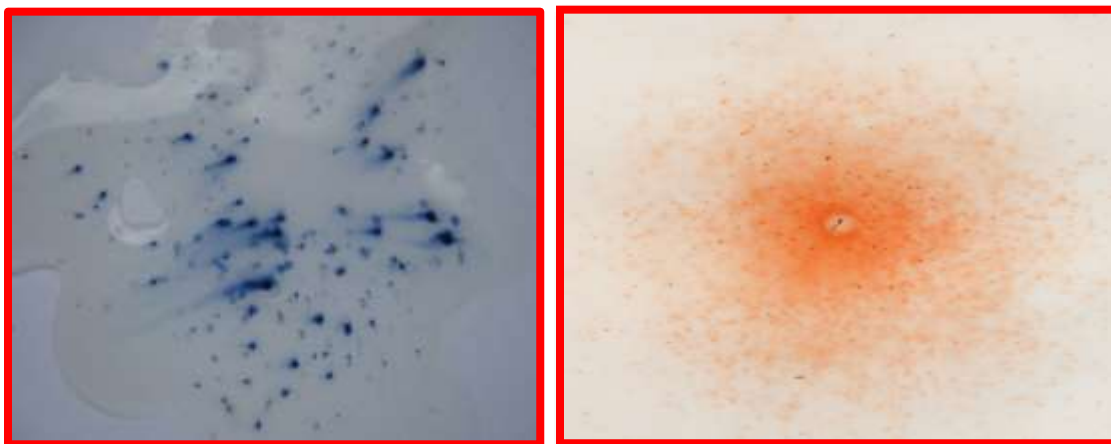


Figura 21: *Ejemplo de resultado positivo con prueba para pólvora*



Sulfodifenilamina

Griess modificado

Los procesos para la determinación de residuos de disparo que se alojan en la periferia del orificio de entrada en piel y en prendas de vestir o accesorios de uso personal, se emplea el análisis físico (observación visual y con instrumentos ópticos a varios aumentos de la zona) y empleo de pruebas químicas colorimétricas que son

extraídos sobre papel filtro y después procesados con cada sustancia química de acuerdo con el caso, los resultados se evalúan en conjunto y con el apoyo de patrones de referencia; teniendo en cuenta que en disparos a contacto los residuos van al interior de la zona afectada y en ese caso se evalúan más en detalle todas las características en conjunto.

6 Conclusiones

En el contexto forense, las armas de fuego representan no solo instrumentos de potencial peligro, sino también objetos cruciales para la resolución de crímenes. La diversidad de armas implica la necesidad de expertos en balística que comprendan no solo la mecánica de estas armas, sino también las sutilezas de su evolución tecnológica. La identificación precisa de armas específicas mediante el análisis de marcas y grabados, así como la interpretación de patrones de disparo, contribuyen significativamente a la determinación de la participación de un arma en eventos criminales.

El estudio minucioso de las municiones revela un mundo de complejidades que puede ser la clave para desentrañar misterios criminales. La variabilidad en la composición de las municiones, incluidos los fulminantes y las pólvoras utilizadas, destaca la necesidad de análisis específicos. La capacidad de vincular una munición particular a un evento específico ya sea a través de marcas únicas o características balísticas, proporciona a los investigadores herramientas esenciales para rastrear el origen y la historia de las municiones utilizadas en un crimen.

Así mismo, la balística se erige como un campo determinante en la reconstrucción de eventos relacionados con armas de fuego. La capacidad para analizar la trayectoria de un proyectil, identificar patrones balísticos y entender las heridas resultantes permite a los expertos forenses proporcionar una narrativa coherente de cómo se desarrollaron los incidentes. La intersección de la física, la ingeniería y la medicina forense se evidencia en este campo, que sirve como un pilar fundamental para la resolución de casos complejos.

Por otro lado, la comprensión de las heridas por arma de fuego se extiende más allá de la morfología superficial, adentrándose en los efectos internos y la posible trayectoria de los proyectiles. La colaboración estrecha entre profesionales forenses y médicos es esencial para evaluar las consecuencias medicolegales de las heridas. La interpretación precisa de las heridas, teniendo en cuenta no solo el daño inicial sino también las implicaciones secundarias, es crucial para construir una imagen integral de los eventos y contribuir a la administración de justicia.

El análisis de residuos de disparo se consolida como una herramienta valiosa para vincular a individuos con la descarga de un arma de fuego. La aplicación de técnicas avanzadas garantiza resultados científicamente sólidos. El enfoque refinado en el análisis de residuos de disparo ofrece una capa adicional de certeza en casos relacionados con armas de fuego, fortaleciendo así la validez de los informes periciales y contribuyendo a la construcción de casos forenses robustos.

Por lo tanto, estas áreas de estudio, entrelazadas y complementándose mutuamente, son fundamentales para la aplicación efectiva de la ciencia forense en la investigación criminal. La colaboración interdisciplinaria, la integración de tecnologías avanzadas y la continua actualización en respuesta a la evolución del crimen son imperativos para mantener la integridad y la eficacia de la justicia penal.

El análisis de las heridas producidas por diferentes tipos de armas de fuego es una tarea compleja debido a la diversidad y variabilidad de factores implicados. Estos factores incluyen el lugar del impacto, el tipo de arma utilizada, así como aspectos relacionados con el disparo tales como la velocidad y masa del proyectil, la distancia desde la que se efectuó el disparo, y la resistencia del tejido en el punto de impacto.

Todos estos elementos juegan un papel crucial en la determinación de la naturaleza y severidad de las lesiones causadas.

En el caso de las armas de carga múltiple especialmente en las escopetas en sus diversas formas y tamaños producen lesiones que se pueden apreciar y evaluar a nivel médico legal son muy destructivas e invasivas partiendo del principio de conformación y la estructura de los cartuchos, donde el pistón de potencia o taco en ciertas distancias actúa como un proyectil más y mantiene agrupada toda la carga, generando con ello que ingrese la totalidad al cuerpo o al interior de la zona impactada causando grandes daños a los órganos a los cuales puede alcanzar.

El abordaje de estos casos en lo posible se debe llevar a cabo de forma interdisciplinaria que permita evaluar bien y en forma detalla cada uno de los fenómenos y daños causados por el efecto del disparo, partiendo desde lo más grande a lo más pequeño evaluando las diferentes afectaciones y así saber cómo actuar durante el proceso de valuación médico legal.

Una vez se agote este proceso y ya en el examen médico legal como primera medida, si la víctima fue afectada en zonas cubiertas con pernadas de vestir retirarlas y preservarlas, con el fin de solicitar los estudios complementarios de residuos de disparo a que haya lugar, para poder determinar los rangos de distancia según las huellas que está presente y los parámetros que los laboratorios de balística emplean para determinarlo y que nos permita concluir de forma clara y precisa con respecto a las lesiones ocasionadas.

En el análisis a profundidad de estas lesiones es importante como primera medida determinar claramente la zona y las afectaciones que se observen, ya sea la presencia

de orificios de forma única, detallar o registrar los fenómenos o adherencias observados en la periferia de este o si es el caso cuando se observan múltiples orificios registrar o medir la dispersión de estos desde dos o más zonas y definir en estudios posteriores por balística forense la distancia del disparo.

Es de vital importancia recuperar la mayor cantidad de EMP y EF posibles en especial si existe un orificio de entrada único sin salida que indica que el pistón de potencia o taco se halla al interior del cuerpo y con el cual después con los análisis complementarios solicitados a balística forense, se va a determinar el calibre del arma empleada a partir de este dispositivo, al igual que recuperar una muestra significativa de los proyectiles múltiples (postas o perdigones) según el caso con el fin de poder determinar a qué clasificación corresponden.

En este orden de ideas, este trabajo resalta la importancia de la balística forense en el ámbito médico, especialmente en la práctica forense, subrayando cómo una comprensión profunda de las armas de fuego y sus efectos puede mejorar significativamente la precisión en la evaluación de heridas y la reconstrucción de eventos criminales. La integración de conocimientos especializados en balística con la medicina forense no solo enriquece la capacidad diagnóstica de los profesionales médicos frente a lesiones por armas de fuego, sino que también fortalece la relación que existe entre evidencia física y análisis medicolegal, crucial para la administración eficaz de la justicia.

Al destacar la complejidad y la variabilidad de las heridas causadas por diferentes tipos de armas, este estudio aporta valiosas perspectivas para la formación y actualización continua de los médicos forenses, asegurando que su peritaje se mantenga al frente de los avances tecnológicos y metodológicos. Además, el enfoque

interdisciplinario promovido a través de este trabajo subraya la importancia de la colaboración entre expertos balísticos y profesionales de la salud para optimizar la interpretación de los hallazgos medicolegales. De igual manera, el estudio que se llevó a cabo no solo demuestra la relevancia de la balística en la investigación criminal, sino que también evidencia su valor en el mejoramiento de las prácticas forenses, marcando una diferencia palpable en el ejercicio profesional médico.

7 Glosario

Arma de fuego: son las que empujan como agente impulsor del proyectil la fuerza creada por expansión de los gases producidos por una sustancia Química.

Ahumamiento: es constituido por el negro de humo o gasificación del metal de los proyectiles en el disparo y se depositan en la periferia del orificio de entrada piel con una coloración gris pizarra o negruzca.

Boca de mina de Hofmann: consiste en colocar el cañón del arma en la cabeza; el proyectil perfora la piel, el hueso y la deflagración expulsa gases que se introducen entre el hueso y los planos en la piel hasta que estallan, lo que determina la aparición de una lesión de forma estrellada.

Cañón de anima lisa: son aquellos cañones que carecen de rayado al interior de este y en las armas de fuego son diseñados por las casas fabricantes para disparar proyectiles múltiples (postas o perdigones).

Cartuchos de fuego central: son los más usados actualmente todas las armas de fuego de los diversos tipos y son los que poseen la capsula fulmínate en la zona central de la base o culote de la vainilla.

Herida penetrante: son a aquellas causadas por los proyectiles cuando ingresan al cuerpo, pero finalizan su trayectoria al interior de este sin que se produzca su salida.

Herida perforante: son a aquellas causadas por los proyectiles cuando ingresan al cuerpo y salen completamente del mismo generando orificio de salida.

Quemadura: fenómeno generado en las heridas por arma de fuego por el efecto de la llama y los gases incandescentes que salen por la boca de fuego del arma.

Tatuaje: es el originado por el efecto de los granos de pólvora que pueden estar total o parcialmente quemados y que debido a la corta distancia suelen depositarse en la epidermis, pero pueden llegar a la dermis y se caracterizan por lesiones puntiformes de color rojizo, que no son fáciles de remover con el lavado de la zona.

Referencias

- Alfonso Leal, A. (2022). *La radiología en casos de muerte por armas de fuego*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.
- Asociación Gallega de Médicos Forenses. (2019). *Armas de fuego y ciencias forenses*. F. Serulla (Coordinador).
- Balística Forense*. (2015). Obtenido de <https://cienciasforensesycriminalisticas.blogspot.com/2015/04/balistica-forense.html>
- Balística MacLantarón*. (s.f.). Obtenido de <https://maclantaronbalistica.jimdofree.com/morfolog%C3%ADa-del-cartucho/>
- Blog de Balística CUA. (2022). *Componentes de una munición*. Obtenido de <https://blogbalisticacua.blogspot.com/p/componentes-de-una-municion.html>
- Decreto 2535 de 1993. (1993). *Ministerio de la Defensa Nacional*. Diario Oficial No 41.142, del 17 de diciembre de 1993.
- DiMaio, V. J. (2016). *Gunshot Wounds. Aspectos prácticos de armas de fuego, balística y técnicas forenses*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Expresión forense. (11 de abril de 2022). *Balística interior*. Obtenido de Expresiónforense: <https://www.expresionforense.com/blog/balistica-interior>
- Fiscalía General de la Nación . (2005). *Balística Forense*. Dirección Nacional Cuerpo Técnico de Investigación.
- García, G., Deichler, F. y Torres, E. . (2011). Lesiones por armas de fuego desde la perspectiva médico - criminalística. *Rev Chl de Cirugía* , 63(3), 327-331.

- García-Núñez et al. (2020). Lesiones por disparo de escopeta. Necesidad de un punto de vista especial. *Cir Cir*, 88(4), 500-507.
- González, J. (8 de diciembre de 2021). *Balística interior*. Obtenido de Colegio jurista: <https://www.colegiojurista.com/blog/art/balistica-interior/>
- Manzano-Trovamala F., J.R., Guerrero Molina, M.G. y Arcaute Velazco, F. (2001). Balística: balística de efectos o balística de las heridas. *Cirujano general* , 23(4). Obtenido de Cirujano general : <https://www.medigraphic.com/pdfs/cirgen/cg-2001/cg014i.pdf>
- Mejía Azuero, J.C., Suárez Mendoza, A. y Rey Criuz, N. E. (2020). Municiones en Colombia. Aspectos generales. *Administración & Desarrollo*, 50(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22431/25005227.vol50n1.4>
- Moreno González, L. R. (1998). *Balística Forense*. Editorial Porrúa .
- Moya Jiménez, M. C. (2013). Validación del método de análisis de residuos de disparo por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente en frotis de manos, en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Regional, Bogotá. En I. N. Forenses, *Ciencias Forenses* (págs. 8-12).
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC]. (2020). *Fundamentos de armas de fuego y municiones*. Naciones Unidas.
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC]. (2020). *Informe para las Américas*.
- Ortiz Barrón, C. (2020). Estudios que corresponden a la balística exterior. *Archivos de Criminología, Seguridad Privada y Criminalística*, 18, 3-14.

Ortiz, M. (2022). *Historia de la munición*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/610468558/HISTORIA-DE-LA-MUNICION>

Posada, J. (2002). *Tratado de Balística Criminalística*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/488146800/TRATADO-DE-BALISTICA-CRIMINALISTICA-Jose-Angel-Posada-J-pdf>

Pulgar Aro, H.D. y Baculima Cumbe, M. A. (2022). Lesiones por arma de fuego y su relación con la medicina legal y forense. *Polo del conocimiento*, 7(6). <https://doi.org/10.23857/pc.v7i6.4097>

Un poco de la historia de la munición. (11 de febrero de 2017). Obtenido de [desenfunda: https://www.desenfunda.com/blog/un-poco-de-la-historia-de-la-municion/](https://www.desenfunda.com/blog/un-poco-de-la-historia-de-la-municion/)

Universidad Mariano Galvez de Guatemala. (s.f.). *Cuestionario de balística*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-mariano-galvez-de-guatemala/criminalistica-1/cuestionario-2-de-balistica/52504721>

Zanetti, M. J. (2015). *Evaluación de la prueba de residuos de disparo en manos, luego de realizado un disparo en la sección de balística del Instituto de Medicina Legal, Ciencias Forenses, 2014*. Universidad de Panamá.