

## LA INVESTIGACIÓN EN EL NUEVO SISTEMA DE JUSTICIA ACUSATORIO Y ORAL. ELEMENTOS EN EL CASO DE DELITOS COMETIDOS CON ARMA DE FUEGO

Carlos NATARÉN NANDAYAPA  
Beatriz RAMÍREZ SAAVEDRA

SUMARIO: I. *Introducción.* II. *La investigación de los delitos con arma de fuego.* III. *La identificación de las armas de fuego y sus proyectiles.* IV. *El proceso de rayado del cañón y su utilidad.* V. *La identificación de los proyectiles.* VI. *Datos distintivos de los cartuchos.* VII. *Denominación de las vainas o casquillos.* VIII. *Huellas de identidad comunes entre el proyectil y el arma del disparo.* IX. *Huellas de identidad comunes entre la vaina o casquillo y el arma que la percutió.* X. *Antecedentes del arma usada como medio comisivo.* XI. *Transferencias que relacionan al arma con el tirador.* XII. *Técnicas de laboratorio para detectar residuos de disparo de arma de fuego en un sospechoso.* XIII. *Transferencias que relacionan al arma con la víctima.* XIV. *Clasificación de las heridas por arma de fuego según la distancia del disparo.* XV. *Materialización de la trayectoria de un proyectil.*

### I. INTRODUCCIÓN

El aumento del uso de armas de fuego en la comisión de delitos es uno de los elementos de la crisis de seguridad pública que más claramente ha dejado una impronta en la vida cotidiana de la sociedad mexicana; esto es obvio si se considera hasta qué punto se ha vuelto cotidiano el uso del término “cuerno de chivo” —usado para referirse a los fusiles de asalto soviéticos *Avtomat Kaláshnikova* diseñado en 1947— en las notas periodísticas. Los datos empíricos disponibles reflejan esta realidad con claridad, al señalar que 50.2% de los delitos cometidos a nivel nacional se cometen con armas de

fuego. Aunque el porcentaje aumenta en algunas entidades, en algunos casos llega al 70%.<sup>1</sup>

Ahora bien, es en este contexto en el que la eficacia del nuevo sistema de justicia penal será puesta a prueba. En efecto, el nuevo modelo requiere investigación eficaz, que obtenga pruebas que se puedan presentar y sostener en una audiencia para tener éxito en el proceso de convencimiento del juez; lo que en la mitad o más de los casos implicará investigar adecuadamente sobre hechos presuntamente delictivos con uso de armas de fuego.

El Ministerio Público y el abogado defensor deben saber cómo entender una prueba pericial y presentar al perito de la mejor manera posible.

## II. LA INVESTIGACIÓN DE LOS DELITOS CON ARMA DE FUEGO

Ahora bien, la investigación de un hecho presuntamente delictivo en el que se ha empleado un arma de fuego gira en torno a tres cuestiones básicas: ¿qué arma se usó?, ¿quién la accionó?, y ¿qué resultados produjo?

Para generar la prueba de forma adecuada, cada una de las preguntas anteriores debe ser dividida en preguntas más específicas sobre cada uno de los detalles; así, debemos responder:

- ¿Cuál es el tipo, la marca, calibre, modelo, número de serie, país de fabricación y/o importador o distribuidor y condición del arma de fuego empleada?
- De contar el arma con una licencia de portación, individual o colectiva, de acuerdo con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, ¿a nombre de quién y cuándo fue expedida?
- ¿Quién disparó el arma en el caso bajo investigación?
- De ser el caso, ¿dónde fue encontrada?
- ¿Desde qué lugar fue efectuado el disparo?
- ¿El arma en cuestión está relacionada con otros hechos delictivos?
- ¿Está contaminada con algún material ajeno al mecanismo de disparo?

Además, deben responderse una serie de cuestiones específicas al proyectil del arma:

---

<sup>1</sup> Que es el caso del Estado de México en 2013, de acuerdo con los mismos datos del INEGI.

- ¿Cuál es su calibre?
- ¿Desde qué marca, modelo y/o tipo de arma fue disparado?
- ¿Está contaminado con algún material ajeno al mecanismo de disparo?
- Los surcos o rayas y campos grabados ¿corresponden con los generados por su paso por el ánima de una arma conocida?
- Los rayas o surcos y macizos grabados ¿coinciden con los de proyectiles en el marco de otros casos bajo investigación?
- ¿Quién ha tocado o manipulado el proyectil?
- Sobre algún casquillo o vaina percutido que se haya recuperado:
  - ¿Desde qué marca, modelo, calibre y/o tipo de arma fue percutido?
- Las marcas hechas por el martillo o percutor, la contrarrecámara (o placa de cierre), el eyector y el extractor ¿corresponden a las producidas por una arma conocida?
- Las marcas hechas por el martillo o percutor, la contrarrecámara (o placa de cierre) el eyector y el extractor ¿corresponden con los de casquillos o vainas percutidas en el marco de otros casos bajo investigación?
- ¿Quién ha tocado o manipulado la vaina o casquillo percutido?
- ¿Permanece algún residuo de pólvora o del fulminante en la vaina o casquillo percutido?
- ¿Qué tan cerca estaba el arma al ser disparada del lugar donde fueron encontrados los casquillos o vainas percutidos?

#### Con relación a la víctima

- ¿Cuál fue la trayectoria del proyectil y los orificios de entrada y, en su caso, de salida?
- ¿Qué tan cerca estaba el arma de la víctima al ser disparada?
- ¿Qué lesiones produjo? ¿Cuáles fueron los órganos afectados?

Con las respuestas a varias de esas preguntas se conforma la explicación preliminar del hecho presuntamente delictivo bajo investigación.

A lo largo del tiempo se han desarrollado diversos métodos con base científica para responder, cada vez con mayor precisión, esos interrogantes, mismos que son claves en la conformación de la teoría del caso a ser desahogada en la audiencia de juicio oral. Por lo anterior, conviene analizar cada uno a profundidad a fin de entender hacia dónde puede apuntar su respuesta en un caso de investigación específico.

### III. LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ARMAS DE FUEGO Y SUS PROYECTILES

Las armas de fuego poseen un conjunto de características generales que permiten agruparlas en clases y otras características, que son propias de cada una, y que sirven para individualizarlas: “cada arma de fuego posee una personalidad bien definida, que la distingue y diferencia de todas y cada una de las armas de la misma marca y calibre, aunque sean de serie y numeración sucesiva”,<sup>2</sup> gracias al estriado de la parte interior (o ánima) del cañón (número de estrías y macizos, ancho de los mismos y sentido de rotación) y por las marcas generadas en el culote (o base) de la vaina o casquillo por el percutor y el espaldón, así como por la contrarrecámara y por la posición relativa del eyector y del extractor, en las armas que poseen tales elementos, como las pistolas.

La personalidad del arma de fuego se transmite a los proyectiles y vainas o cartuchos servidas por ella. De modo que éstos se vuelven únicos (se individualizan) en su asociación con la misma.

Para comprender la relación entre el arma de fuego y el proyectil y la vaina o cartucho percutido, conviene analizar qué son éstos, y posteriormente el mecanismo del disparo.

Los componentes básicos de una munición o cartucho son la vaina (o casquillo), el fulminante, la pólvora y la bala (cuando no ha sido disparado) o proyectil (cuando fue disparado).

La primera condición para realizar un disparo en una pistola (arma semiautomática debido a que expulsa automáticamente las vainas o casquillos percutidos) es que la munición o cartucho a ser disparado se encuentre encerrado en la “recámara” del arma, luego de haber pasado del cargador (o proveedor) a ese lugar; en este tipo de arma la recarga de cartuchos (el paso del cargador a la recámara) se realiza automáticamente gracias al efecto de los gases de la pólvora combustionada o el retroceso originado por el disparo anterior.

La segunda condición es que la aguja percutora se encuentre en su posición más retrasada; esto es, alejada del cartucho, con su resorte descomprimido, ya que es justamente ese estado del resorte el que la fuerza a estar en esa posición.

Y la tercera es que el martillo se encuentre montado, o sea, en su posición más retrasada, trabado sólo por una pieza mecánica (“el fiador”).

---

<sup>2</sup> Guzmán A., Carlos, *Manual de criminalística*, Buenos Aires, La Rocca, p. 505.

Estas tres condiciones son necesarias para que al activar con el dedo el gatillo (o disparador), el “fiador” libere al martillo para que impacte a su vez al culote (o base) del cartucho, y con ello el fulminante (una carga de sales como el fulminato de mercurio, el nitruro de plomo, el trinitrorresorcinato de plomo o el tetraceno, depositada en un casquillo o cazoleta) genere la explosión primaria y le dé fuego a la pólvora del cartucho para que combustione (o deflagre) y genere gases, cuya acumulación generará presión y hará que *salga disparado* el proyectil a través del cañón de la pistola, el cual tiene generalmente un rayado, llamado “estriado”, en su interior (o ánima), para hacer girar al proyectil en su salida y estabilizar con ello su trayectoria y facilitar que dé en el blanco, además de vencer la fuerza de resistencia del viento.<sup>3</sup>

Los pasos del mecanismo de disparo en una pistola semiautomática pueden enlistarse como sigue:

- 1) Presión con el dedo sobre el gatillo o disparador.
- 2) Caída del martillo sobre la aguja percutora.
- 3) Percusión y activación del fulminante.
- 4) Deflagración de la pólvora.
- 5) Expulsión del proyectil hacia delante.
- 6) Empuje de la vaina o casquillo contra el culote de cierre.
- 7) Desplazamiento de la corredera hacia atrás.
- 8) Acción de la uña extractora para retirar la vaina o casquillo percutido.
- 9) Avance de la corredera hacia delante por acción del muelle recuperador.
- 10) Arrastre de un nuevo cartucho a la recámara.
- 11) Acción de cierre, con lo que el arma está lista para realizar un nuevo disparo.

Para relacionar al arma de fuego con el casquillo o vaina percutido y el proyectil disparado es preciso tener en cuenta los criterios de clasificación de las armas de fuego, que se muestran en el siguiente cuadro:

---

<sup>3</sup> Sin olvidar que, a pesar de la utilidad de ese rayado, no todas las armas de fuego lo adquieren durante su proceso de fabricación, como es el caso de la escopeta, lo que ha dado pie a que se hable de armas de fuego de ánima estriada o de ánima lisa.

Por su forma, apoyo y dimensiones	{ <ul style="list-style-type: none"><li>- Largas o de hombro (carabina, fusil, escopeta y subametralladora, por ejemplo)</li><li>- Cortas o de puño (pistola y revolver)</li></ul>
Sistema de alimentación	{ <ul style="list-style-type: none"><li>- Alimentación manual (avancarga)</li><li>- Por proveedor (pistolas, subametralladoras y fusiles)</li><li>- Por tambor (el revolver)</li><li>- Por cinta o canana (la ametralladora)</li></ul>
Alcance y velocidad	{ <ul style="list-style-type: none"><li>- Largo alcance y alta velocidad (fusiles, ametralladoras y carabinas)</li><li>- Mediano alcance y velocidad (subametralladora)</li><li>- Corto alcance y baja velocidad (pistola, revolver y escopeta)</li></ul>
Funcionamiento	{ <ul style="list-style-type: none"><li>- Tiro a tiro (capacidad para un solo cartucho)</li><li>- De repetición (revólver)</li><li>- Semi automáticas (pistola y carabina)</li><li>- Automáticas (pistola, fusil, ametralladora y subametralladora)</li></ul>

Dentro de las variables que será necesario considerar durante la investigación de un arma de fuego como medio comisivo en un delito de lesiones u homicidio —o incluso en los casos de suicidio—, se consideran fundamentalmente dos de estos criterios, a saber:

- ¡Clase: en virtud de su forma, apoyo y dimensiones.
- ¡Y el tipo: a partir de su funcionamiento (tiro a tiro, de repetición, semiautomática y automática; mientras que en el caso de las escopetas se determina en función de los tipos de cañones: de uno solo; de dos yuxtapuestos; de dos superpuestos, combinados por un cañón rayado y otro liso, y combinado múltiple (de varios cañones).<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Antón y Barberá, Francisco y Luis Turégano, Juan Vicente de, *Policía científica*, 5a. ed., Valencia, Tirant lo Blanch, 2012, vol II, p. 1534.

Las otras seis variables para identificar a un arma son las siguientes:

- Marca. Ejemplos de marcas de armas cortas: *Beretta*, *Browning*, *Smith and Wesson*, *Bond Derringer*, *Bersa* y *Ceska Zbrojovka*, entre otras.
- Modelo: indica por lo general el año de fabricación del arma y en ocasiones algunas características específicas del cañón o la pólvora. Algunos ejemplos de modelos de pistolas *Beretta* son, entre otros, los siguientes: *92 FS Inox*, *92 G*, *Px4 Storm Compact* y *BU9 Nano*.<sup>5</sup>
- Número de serie: es colocado por el fabricante para identificar al arma de fuego y poder asociarla con el comprador. Cuando el arma ha sido robada u objeto de tráfico ilícito, este número suele ser borrado o alterado. Para saber si un número de serie es auténtico debe observarse con instrumentos ópticos y lumínicos para buscar corrugaciones características del uso de herramientas como el esmeril, láser o martillo en la tarea de grabar uno distinto, e incluso percibir las con la yema de los dedos, en caso de duda someter el número seriado a pruebas de laboratorio.<sup>6</sup>
- País de fabricación.
- Importador y/o distribuidor, y
- El calibre: el diámetro del interior o ánima del cañón, medida que se corresponde con el diámetro del proyectil en su parte más ancha, que usualmente es la parte en donde se conecta con la vaina o casquillo. El calibre se emplea, en consecuencia, para asociar a un arma de fuego en particular con un proyectil que pudo haber sido disparado por ésta. Es muy fácil de medir cuando el ánima de cañón no está rayada, como en el caso de las escopetas, y más complicado de hacer en los casos de ánima estriada o rallada.

#### IV. EL PROCESO DE RAYADO DEL CAÑÓN Y SU UTILIDAD

El rayado o estriado del ánima del cañón se realiza en muchas armas desde su proceso de fabricación, como ya se ha comentado, con la finalidad de

---

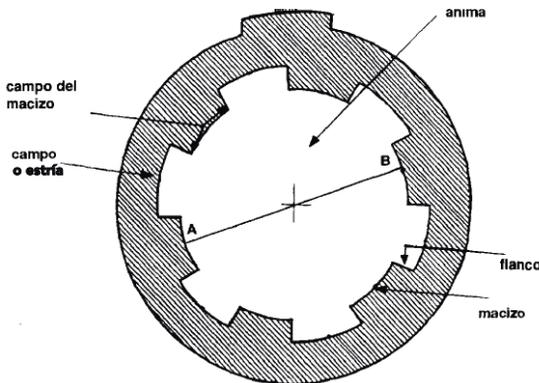
<sup>5</sup> Véase el catálogo de armas de la marca Beretta, disponible en: <http://www.beretta.com/en-us/firearms/>, visitada el 19 de noviembre de 2015.

<sup>6</sup> Dos mayormente empleadas son: el método del grabado ácido (*acid etching method*), aplicado en metales no ferrosos como el aluminio, con la desventaja de que es una prueba destructiva, y la inspección por partículas magnéticas con el uso de Magnaflux en materiales ferrosos, la cual no es destructiva. Para una explicación detallada de las mismas véase Vince, Joseph J. Jr. & Sherlock, William E., *Evidence Collection*, Massachusetts, Jones and Bartlett Publishers, 2005, pp. 52 y 53.

que el proyectil adquiriera un movimiento de rotación durante su paso por el cañón, con el propósito de estabilizar su trayectoria y facilitar que dé en el blanco, además de contrarrestar la fuerza de resistencia del aire.

A pesar de que este proceso no persigue, en principio, la generación de pruebas —al relacionar de un modo único al cañón con el proyectil disparado— y de que se realiza en serie (en armas de la misma marca y modelo, con las mismas herramientas usadas en forma consecutiva), la experiencia ha demostrado que el rayado o estriado en el ánima de cada cañón posee características que lo distinguen, bajo una observación microscópica, de otros realizados en armas similares, con las mismas herramientas e inmediatamente antes o después. Ello se debe a la dificultad técnica que conlleva generar dos piezas idénticas, lo cual implicaría herramientas y un proceso de producción “perfecto”, de manera que siendo muy parecidos los rayados en los cañones de armas similares y realizados con las mismas herramientas, en realidad presentan diferencias, que hacen a cada uno único, mismas que pueden ser apreciadas al observarlas con un microscopio de comparación balístico.

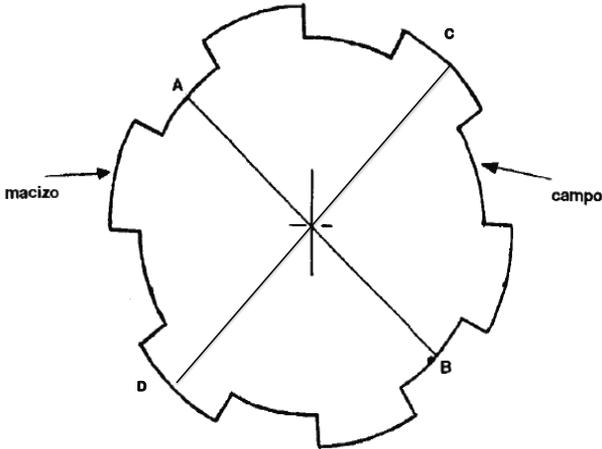
El calibre considerado “real” se mide en un arma con un cañón con ánima estriada de macizo a macizo —siendo estos la parte más elevada, el “alto relieve” de los “surcos” o estriado—, como se muestra en el siguiente gráfico en el que el calibre se mide del punto A al B.<sup>7</sup>



<sup>7</sup> En inglés se le denomina *land diameter* (diámetro entre macizos). También puede medirse la distancia existente entre dos campos (o estrías) contrapuestos, lo que se conoce en español como calibre nominal, y en inglés, como *groove diameter* (diámetro entre estrías).

Calibre del interior del cañón o ánima: distancia de A- B

Mientras que en el caso del proyectil es entre campos (rayas o estrías) contrapuestos, que fueron generados por el macizo del ánima del cañón durante su paso por éste.



En un proyectil, el calibre real es la distancia de A – B, y el nominal, de C – D

El calibre del arma y el del proyectil son prácticamente iguales en sus versiones “reales”, dado que el altorrelieve del ánima de un cañón, denominada “macizo”, corresponde al bajorrelieve que produce en el proyectil, denominado “campo”, “raya” o “estría”. Mientras que el diámetro de la bala en su parte más ancha es un poco mayor que el del ánima del cañón a fin de evitar la fuga de gases de la pólvora combustionada.

El calibre se mide en milímetros (mm) o pulgadas, de acuerdo con el patrón oficial de medida prevaleciente en cada país o en unidades absolutas, en el caso de las escopetas, con base en el Gun Barrel Proof Act de Londres de 1868.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Ese sistema de medición se basa en la cantidad de esferas del diámetro del cañón que pueden obtenerse con una libra de plomo, véase Registro Nacional de Armas, *Manual de identificación y rastreo de armas de fuego (MIRAF)*, Buenos Aires, Ministerio de Justicia, Seguridad y Derechos Humanos, 2000.

## V. LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PROYECTILES

En el caso de los cartuchos, el calibre se mide de manera distinta si es para armas de cañón liso (como las escopetas) o rayado. En el primer caso está determinado por la cantidad de balas de plomo, con forma esférica, que pueden producirse con una libra de ese material,<sup>9</sup> cuyo diámetro corresponde al del interior del cañón de la escopeta; así, el calibre 16 equivale, por ejemplo, a un diámetro de 16.80 mm.; mientras que cuando el cañón está rayado se forma con dos datos: el diámetro del proyectil x el largo de la vaina. Un cartucho con una denominación 9x19 indica que su diámetro es de 9 mm. y el largo de la vaina o casquillo es de 19 mm., el que puede ser usado en pistolas automáticas y semiautomáticas.

El largo de la vaina se corresponde con el tamaño de la recámara del arma; de manera que diferentes armas pueden utilizar cartuchos con una misma anchura o diámetro (el calibre 7,65 mm. es válido, por ejemplo, para revolver, pistola o fusil).

Cuando el cartucho de un revólver y una pistola tiene el mismo diámetro, para distinguirlos se añaden en el caso de esta última las siglas ACP (*Automatic Cartridge Pistol* o *Automatic Colt Pistol*). Así, el calibre 32 para revólver es simplemente “.32” y cuando es para pistola es “.32 ACP”.

## VI. DATOS DISTINTIVOS DE LOS CARTUCHOS

Además del calibre y el largo de la vaina, otras de las características, distintivas de un cartucho son las siguientes:

- La forma de la vaina: cartuchos con el mismo diámetro pueden tener proyectiles diferentes.
- El tipo de ignición, dado por la ubicación del fulminante en la vaina: fuego central, *lefauchaux* (en un pequeño cilindro o espiga insertado en el sector inferior del lateral de la vaina) y fuego anular (en forma de anillo bordeando la base o culote).

---

<sup>9</sup> El número de balas producidas con una libra de Plomo y el diámetro de las mismas varían en forma inversa: a mayor número, menor diámetro, y viceversa; además de que este tipo de cartuchos tienen una estructura particular integrada por los siguientes componentes: vaina (de cartón, plástica o semimetálica); fulminante, pistón o cápsula iniciadora; la pólvora como carga de proyección; el taco o elemento obturador; los perdigones, postas o balas, y la tapadera. Véase De Antón y Barberá y De Luis y Turégano, *op. cit.*, pp. 1455 y 1456, para una descripción detallada de los cartuchos para escopeta.

- El nombre del creador. Por ejemplo: .22 Savage o .222 Remington o de la organización que autorizó su uso: NATO (siglas en inglés de la Organización de del Tratado del Atlántico Norte, OTAN), como el 9 mm. NATO.
- Nombres especiales como el “bala de fuego” creado por Remington (.221 Remington *fireball*).
- Por el tipo de punta de la bala: desnuda (sin recubrimiento en el núcleo de Plomo de la bala); encamisada (recubierta por una placa o “camisa” de un metal que le da mayor dureza);<sup>10</sup> semiencamisada (el recubrimiento no abarca la punta u ojiva, la cual al ser de un material más blando se deforma y expande al impactar en un blanco de mayor dureza, lo que le permite, gracias al movimiento rotacional, generar lesiones de mayor calado); punta hueca (con una parte hueca en el centro para generar mayor daño al chocar con el blanco), y *wad cutter* y semi *wad cutter* (con la punta plana para producir un círculo perfecto al dar en el blanco, y con ello facilitar su visualización, sobre todo en el tiro deportivo).
- Año de invención: 7,92 mm. Mauser M 1888 (donde la M indica el modelo surgido en 1888).
- Términos que indican cargas especiales: *Magnum* (mayor cantidad de pólvora, lo que le da mayor velocidad al proyectil), y trazadora, por ejemplo.

Algunas de las características de los cartuchos listadas pueden ser incluidas en el calibre con fines de identificación, pero al no existir un patrón de conformación como tal, los datos comunes son la marca y el diámetro de la bala en su parte más ancha.

La nomenclatura de los cartuchos en el caso de las armas largas puede incluir otros datos, como la cantidad de pólvora contenida y el peso de la bala medidos en *grains* (medida equivalente 0.0648 gramos). Como ejemplo: 44-40-200, lo que indica un diámetro de .44 pulgadas, 40 *grains* de pólvora y un peso de la bala de 200 *grains*.

Es importante tener en cuenta que el calibre de un mismo cartucho puede ser nombrado en consideración del sistema de medición que se utilice: métrico decimal o inglés, como es en el caso del cartucho para fusil 7.62 x 5 NATO (en milímetros) también identificado como .308 Winchester (en pulgadas).

---

<sup>10</sup> Las balas que usan las pistolas son encamisadas, para que se facilite la entrada del cartucho en la recámara cuando la carga es automática.

Otro aspecto a considerar son las abreviaturas utilizadas, entre otras: FMJ (*full metal Jacket*, totalmente encamisado), Mg (*Magnum*), .38 SA (.38 *Super Auto*, para pistola automática), HV (*high velocity*, alta velocidad), T (*Tracer*, trazadora, de uso militar), WC (*Wad cutter*, munición chata, sacabocado), etcétera.

## VII. DENOMINACIÓN DE LAS VAINAS O CASQUILLOS

Los datos más importantes se encuentran en su base o culote y son los siguientes: la marca, el calibre y la identificación del tipo del fulminante usado (*Berdan* o *Boxer*).

Las siglas grabadas en el culote de una vaina pueden ser muy variadas; se refieren, por lo general, al productor o al año de producción del cartucho en cuestión. A manera de ejemplo se presentan las siguientes:

- AUTO: *Automatic*.
- BMG: *Browning Machine Gun*.
- FC: *Federal Cartridge Co.* (Estados Unidos)
- GAP: *Glock Action Pistol*
- GFL: *Giulio Fiochi Lecco* (fabricante italiano.)
- IVI: *Industries Valcartier Incorporées* (fabricante de Quebec en El Canadá).
- LR: *Long Rifle*.
- N: NATO / OTAN
- REM: *Remington*.
- S&B: *Sellior & Ballot* (fabricante de Praga en Checoslovaquia).
- S&W: *Smith And Wesson*.
- WIN: *Winchester*.<sup>11</sup>

## VIII. HUELLAS DE IDENTIDAD COMUNES ENTRE EL PROYECTIL Y EL ARMA DEL DISPARO

Más allá de las dificultades para identificar en lo individual la clase de arma, proyectil o vaina, mediante las variables referidas con anterioridad, el reto en materia de prueba es relacionar el arma con el proyectil por ella disparado y

---

<sup>11</sup> International Ammunition Association Inc., *Headstamp Codes*, documento electrónico disponible en: <http://www.cartridgcollectors.org/headstampcodes>, visitada el 12 de octubre de 2015.

con el cartucho o vaina percutidos por ésta. En esta tarea es útil, pero insuficiente, establecer la correspondencia entre la clase de unos y otros, ya que de lo que se trata, por ejemplo, no es de demostrar que el proyectil que privó de la vida a la víctima al impactar y dañar un órgano vital era de los que pueden abastecer a una pistola automática M9 Beretta, sino de saber exactamente de entre las muchas pistolas existentes de esa marca, modelo y calibre, cuál fue específicamente accionada por el actor de ese hecho presumiblemente delictivo, para tratar de identificar a través de ésta al responsable.

La investigación para asociar a los elementos balísticos (proyectil y vaina o casquillo) con el arma de fuego por la que fueron disparados o percutidos puede darse bajo dos circunstancias. Una es que el arma no haya sido encontrada y, en consecuencia, asegurada, con lo cual a esos elementos balísticos se les denomina “problema”, y la segunda es que sí se cuente con el arma que se presupone fue usada durante el delito bajo investigación, lo que permitirá realizar disparos de prueba, de preferencia apuntando hacia un tanque de agua,<sup>12</sup> a fin de generar proyectiles y casquillos que no tengan daños por haber impactado con un blanco duro, con el propósito de cotejar, mediante un microscopio de comparación balística (como puede ser el modelo FS C de la marca *Leica*)<sup>13</sup> sus características distintivas con las de aquellos que fueron encontrados en la escena del delito. A los proyectiles o casquillos generados intencionalmente con fines de comparación se les denomina “testigos”.

Lo que permite descubrir que hubo una relación entre un arma y proyectil específicos durante el momento del disparo es la transferencia de características distintivas del arma de fuego, específicamente del ánima del cañón al proyectil disparado, gracias al rayado o estriado hecho en el arma durante su proceso de fabricación.<sup>14</sup>

Cuando en la escena del delito se encuentre un proyectil disparado y no el arma, para poder determinar el tipo, la marca, el modelo y al fabricante de esta última es preciso observar con un microscopio de comparación balística las siguientes características del rayado producido en el proyectil durante su paso por el ánima del cañón:

---

<sup>12</sup> Excepto en el caso de armas automáticas o que usan cartuchos de alto calibre, para lo cual se requieren instalaciones especiales a fin de garantizar que el proyectil disparado no impactará en una superficie dura que pudiera deformarlo.

<sup>13</sup> Leica Microsystems, *La próxima generación de instrumentos forenses de comparación*, disponible en: [http://www.leica-microsystems.com/fileadmin/downloads/Leica%20FS%20CB/Brochures/Leica\\_FS\\_C\\_FS4000\\_Brochure\\_ES.pdf](http://www.leica-microsystems.com/fileadmin/downloads/Leica%20FS%20CB/Brochures/Leica_FS_C_FS4000_Brochure_ES.pdf), visitada el 6 de octubre de 2015.

<sup>14</sup> Sobre la importancia de los principios de transferencia relación y causalidad en materia probatoria, véase Hidalgo Murillo, José Daniel, *La etapa de investigación en el sistema procesal mexicano*, México, Porrúa-Universidad Panamericana, 2009, pp. 18-29.

- La cantidad de estrías o campos y macizos que conforman el rayado.
- El ancho de los campos y macizos.
- La dirección o sentido de los mismos: de derecha a izquierda, o viceversa, para inferir el sentido del rayado en el ánima del cañón.
- El arco de hélice que corresponde a un paso o vuelta completa en el rayado con forma de espiral, lo que se denomina “espira”.
- La profundidad de los campos, rayas o estrías.

Existe una clara correspondencia entre estas características en el proyectil y las existentes en el ánima del cañón del arma por la que fue disparado. Las marcas generadas en el proyectil a su paso por el ánima de un cañón rayado son el “inverso” de las realizadas durante el proceso de fabricación en éste: el alto relieve o macizo del ánima del cañón genera en el proyectil (a su paso por éste, como ya hemos comentado), un bajorrelieve o estría. En consecuencia, lo correcto sería denominar a la estría en el proyectil como la impresión del macizo del ánima del cañón.

A estas características en el ánima del cañón se les denomina genéricamente “de clase” (o señales “familiares o primarias”), debido a que las comparten todas las ánimas de los cañones de las armas rayadas con especificaciones iguales y con las mismas herramientas; además de que son transferidas (en forma inversa) a los proyectiles disparados por esas armas de fuego.

Hay otras marcas que transmite el ánima del cañón al proyectil durante el disparo que, como hemos señalado, sólo son propias de ella, a las cuales se les denomina características “individuales” (o “secundarias” o “particulares”). Éstas se deben a las imperfecciones microscópicas de las herramientas utilizadas en el proceso de estriado o rayado, que producen en el ánima del cañón muescas y defectos microscópicos que tienden a agrandarse durante el uso del arma. Estas huellas que son únicas en el ánima del cañón lo son también, por transferencia, en los proyectiles que han pasado por ésta, con lo cual se establece una relación de identidad compartida únicamente entre esa arma y los proyectiles por ella disparados.

Una vez establecido el calibre<sup>15</sup> y los valores de las marcas de clase (o señales familiares) de un proyectil “problema” mediante su observación con ayuda de un microscopio de comparación balística, lo siguiente es comparar esos valores con los equivalentes en diferentes clases de armas de fuego,

---

<sup>15</sup> El cual está indicado en la base de la vaina, o casquillo o bien puede inferirse a partir del número de campos y estrías y su amplitud.

a fin de determinar su coincidencia con los de alguna (o algunas) en particular. Tarea para la que es necesario contar con un archivo que contenga el registro de ese tipo de datos de la mayor cantidad posible de armas de fuego; de preferencia una base de datos en formato digital que facilite el proceso de comparación.

El laboratorio de Armas de Fuego y Huellas de Herramientas del Buró (Agencia u Oficina) Federal de Investigación del gobierno de los Estados Unidos de América (FBI, por sus siglas en inglés) ha desarrollado con ese propósito una base de datos computarizada: General Rifling Characteristics File (GRS), que contiene más de cinco mil registros de clases de armas de fuego cortas y largas, es actualizada cada dos años y puesta a disposición de las agencias de procuración de justicia en el mundo.<sup>16</sup>

Otra base de datos útil para ese fin es la Firearms Reference Table (FRT), elaborada por la empresa canadiense Ultra Electronics Forensic Technology, que contiene los registros de armas de fuego con la especificación de la marca, modelo, calibre y características familiares del rayado o estriado, realizados por la Real Policía Montada del Canadá, que es ofrecida sin costo a las agencias de procuración de justicia en otros países.<sup>17</sup>

Conocer la clase de arma que produjo las características de clase (o marcas familiares o primarias) en los proyectiles y castillos “problema” ayuda a orientar la búsqueda del arma que específicamente fue usada por el autor del delito bajo investigación.

Cuando se cuente con el arma que se presupone fue usada en el caso bajo investigación y con proyectiles (o casquillos) hallados en la escena del delito, lo que procede para demostrar que efectivamente fueron disparados (o percutidos) con esa arma es realizar disparos y procurar que los proyectiles disparados no se dañen al impactar con algún blanco y realizar una comparación microscópica entre los proyectiles encontrados y los “testigos”.

Los microscopios de comparación balística permiten la comparación simultánea (lado a lado) de los proyectiles o casquillos encontrados con los “testigos” al estar compuestos por dos unidades independientes vinculadas mediante un puente óptico.<sup>18</sup> Los resultados de esta comparación pueden

---

<sup>16</sup> Schehi, Sally A., “Fire Arms and Tool Marks in the FBI Laboratory”, *Forensic Science Communication*, abril 2000, volume 2, number 2, documento electrónico disponible en: <https://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/april2000/index.htm/scheh11.htm>.

<sup>17</sup> Véase la página web: <http://www.ultra-forensicttechnology.com/firt>, donde puede llenarse la solicitud de envío de la *Firearms Reference Table*.

<sup>18</sup> La comparación microscópica de elementos balísticos puede potenciarse con el uso de procesadores de imágenes (la videomicroscopía digital).

darse en tres sentidos: “identificación”, lo que indica la coincidencia entre las características de unos y otros; “exclusión”, debido a que no la hay, y, finalmente: “no concluyente”, en virtud de que puede haber correspondencia entre las características de clase o familiares, pero no así entre las individuales o particulares, lo que dificulta emitir un resultado contundente en favor o en contra de la coincidencia.

### IX. HUELLAS DE IDENTIDAD COMUNES ENTRE LA VAINA O CASQUILLO Y EL ARMA QUE LA PERCUTIÓ

El arma de fuego también transmite huellas distintivas a la vaina o casquillo; estas huellas son generadas por el percutor y los mecanismos de cierre, así como por el eyector y el extractor en las armas automáticas y semiautomáticas. En el caso de un revolver, sólo se encontrarán en las vainas o casquillos percutidos por éste las huellas generadas por el percutor (fijo, móvil o flotante) y por el espaldón (superficie del arma que rodea al orificio por donde asoma aquél), lo que dificulta determinar su clase.

La huella distintiva que produce el percutor en la base del casquillo al golpear el fulminante es su *forma*, tanto en cartuchos de fuego central como anular, sin desconocer que la calidad de la misma depende de su profundidad, y ésta del estado en que se encuentre el arma (mayor en un arma nueva y limpia que en otra con mayor uso).

En la determinación de la clase de arma usada para percutir cartuchos de fuego anular también se considera la posición del golpe generado por el percutor en la base del casquillo o vaina, siempre y cuando el percutor no sea flotante, ya que de serlo la posición será variable.

En las huellas dejadas por el extractor y el eyector lo relevante para determinar la clase de arma que percutió el cartucho o vaina investigados son: posición, forma y tamaño. Para ubicar su posición en la base del casquillo percutido se utiliza un mapa referencial inspirado en las horas y manecillas de un reloj:<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> También se usa para registrar la posición del golpe del percutor (no flotante) en la base o culote de cartuchos de fuego anular.

<i>Hora del reloj</i>	<i>Código de ubicación</i>
12	1
2	2
3	3
4	4
6	6
7	7
9	9
10	D

Estas huellas, junto con el tipo de placa de cierre: liso (S), paralelo (P), circular (C), arco (A) o en X, se encuentran codificadas y registradas para diferentes clases de armas en el *General Rifling Characteristics File (GRS)*, de modo que al introducir en éste los datos para cada una de esas variables para el casquillo o vaina “problema” que se esté investigando, como se muestra a continuación:

<i>Tipo de persecución</i>	<i>Extrator</i>	<i>Eyector</i>	<i>Placa de cierre</i>
R	2	6	A

Registro de la posición y tipo de huellas generadas en la base de un casquillo al ser percutido.

Los comparará con las que generan las clases de armas que tiene registradas, y en caso de encontrar su correspondencia con alguna o algunas de ellas, generará un listado con las marcas y modelos de las mismas.

En la determinación de la clase de arma usada también pueden considerarse las huellas que deja el espaldón al impactar al culote de la vaina o casquillo en su desplazamiento hacia atrás, así como las rayaduras generadas al friccionar con la recámara y las producidas por los labios del cargador.

La identificación de la clase de arma que pudo haber generado el tipo de huellas encontradas en los casquillos hallados en la escena del delito puede complicarse debido a la variable calidad de las mismas, entendida como la nitidez con que quedan grabadas, lo que se conoce como la “impresionabilidad” del instrumento probatorio (en este caso, la vaina o casqui-

llo percutido),<sup>20</sup> en consideración de una serie de razones técnicas, como el estado del arma y las diferencias en la densidad de los metales con los que fue producido el proyectil encontrado en comparación con los usados al fabricar los “testigos”.

## X. ANTECEDENTES DEL ARMA USADA COMO MEDIO COMISIVO

El agente investigador siempre se encuentra ante la posibilidad de que el arma de fuego utilizada en el delito bajo investigación haya sido también empleada en otros; en consecuencia, es importante cotejar las marcas de clase (familiares) e individuales (particulares) de los elementos balísticos vinculados con ésta con las de otros encontrados en escenas del delito distintas. Para ello es necesario registrar los datos distintivos y las imágenes de los elementos balísticos vinculados con hechos delictivos en un “sistema automático de identificación balística”, que permita encontrar en forma automática, precisa y oportuna coincidencias entre ellos e inferir que fueron, por ende, disparados o percutidos por una misma arma.

Uno de los sistemas informáticos más conocidos a nivel mundial para identificar los antecedentes delictivos de un arma de fuego es el Integrated Ballistic Identification System (IBIS) Trax HD 3D, producido por la empresa canadiense Forensic Technology.<sup>21</sup> Entre sus ventajas están el manejo de imágenes en tercera dimensión, algoritmos de comparación avanzados, una robusta infraestructura y una red de sitios con registros digitalizados con un alcance transnacional, posible, en parte, a que The International Criminal Police Organization (INTERPOL) utiliza esta plataforma tecnológica en su Red de Información Balística (*Ballistic Information Network*, IBIN por sus siglas en inglés).<sup>22</sup>

El valor de un sistema informático de identificación balística depende, junto con sus características técnicas, de la cantidad de datos que tenga re-

<sup>20</sup> González Salas Campos, Raúl, *La presunción en la valoración de las pruebas*, México, Inacipe-Tribunal Superior de Justicia del Distrito Federal, 2003, p. 83.

<sup>21</sup> Véase el folleto explicativo sobre este sistema automático de información balística disponible en: <file:///Users/beatriz/eugeniamirezsaavedra/Desktop/Me%CC%81todo%20de%20investigacio%CC%81n%20delictiva/carpeta%20sin%20ti%CC%81tulo/Brochure%20IBIS.pdf>, visitada el 7 de octubre de 2015.

<sup>22</sup> Interpol, Programa sobre armas de fuego, IBIN, Red de Interpol de Información sobre Balística, *Manual para la recopilación e intercambio de datos balísticos* 3a. ed., 2014, documento electrónico disponible en: [www.interpol.int/content/.../14Y0277%20S%20MANUAL%20IBIN.pdf](http://www.interpol.int/content/.../14Y0277%20S%20MANUAL%20IBIN.pdf), visitada el 9 de octubre del 2015.

gistrados. Ello propició el establecimiento de un acuerdo entre el FBI y la Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de Fuego (ATF, por sus siglas en inglés) del gobierno de Estados Unidos, para desarrollar The National Integrated Ballistic Information Network (NIBIN), una red nacional de información con el registro de las características distintivas de los elementos balísticos relacionados con la comisión de todo tipo de delitos del conocimiento de agencias policiales federales, estatales y locales.

Inicialmente se intentó la creación de esa red, pero en forma infructuosa, mediante la interconexión del sistema *DrugFire* del FBI, creado por la empresa norteamericana Mnemonics System, para el registro de datos sobre los elementos balísticos relacionados con la comisión de delitos contra la salud, y el Integrated Ballistic Identification System (IBIS) de AFT, desarrollado por Forensic Technology. En 1999 optaron finalmente por eliminar gradualmente el sistema *DrugFire* y estandarizar el NIBIN con base en la plataforma de IBIS, a partir del reconocimiento de su superioridad técnica.

Existen en el mercado otros sistemas informáticos de identificación balística como los siguientes: *Arsenal* de Papillon Systems de Rusia; *Condor* de SCB Co, LTD.; *Evofinder* de SCANBII Technology; el sistema francés *Cible*; el sistema ruso *Tais*; *Balistika* de Turquía y *Fireball* de Australia.<sup>23</sup>

Otro elemento de información importante sobre los antecedentes de un arma de fuego es si está asignada a un agente de policía o militar. La Coordinación General de Servicios Periciales de la Procuraduría General de la República (PGR) cuenta desde 2003 con el Sistema IBIS (*Integrated Ballistic Identification System*),<sup>24</sup> con los datos de las características de clase e individuales de las armas de fuego asignadas a la Policía Federal Ministerial, de las que han sido puestas a disposición del Ministerio Público federal y de las asignadas a policías estatales y municipales que se encuentran sujetas a investigación por parte del mismo, así como de los elementos balísticos encontrados en la escena del crimen<sup>25</sup> y de aquellos y de las armas sujetos a investigación por procuradurías estatales.<sup>26</sup>

---

<sup>23</sup> Heard, Brian J., *Handbook of Firearms and Ballistics. Examining and Interpreting Forensic Evidence*, 2a. ed., West Sussex, UK, WILEY-BLACKWELL a John Wiley & Sons, Ltd., 2008, subcapítulo 4.1.2 “Modern Technology for Stria Comparison”, y Becker, Ronald F., *Criminal Investigation*, 3a. ed., Massachusetts, Jones and Bartlett Publishers, 2009, pp. 201-203.

<sup>24</sup> Denominado “Base de datos en Huella Balística”.

<sup>25</sup> A los cuales les denomina “huella balística”, véase Aguilar Ruiz, Miguel Óscar, *Bases de datos criminalísticos en la Procuraduría General de la República*, documento electrónico disponible en: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/7/3064/33.pdf>, visitada el 20 de noviembre de 2015.

<sup>26</sup> El Consejo Nacional de Seguridad Pública aprobó en su sesión XXVI (24 y 25 de noviembre de 2011) la adopción de ese sistema, véase el “Acuerdo para consolidar la base de datos de huella balística de las armas asignadas a las instituciones de seguridad pública”, do-

## XI. TRANSFERENCIAS QUE RELACIONAN AL ARMA CON EL TIRADOR

La principal transferencia del arma de fuego hacia el tirador son los vapores expedidos por la misma arma durante el momento del disparo, que posteriormente se condensarán y formarán partículas esféricas, conocidas en español como “productos residuales del disparo de un arma de fuego” o como “productos residuales del disparo de un cartucho”, y en inglés, como *gunshot residues* (GSR). Éstos derivan del iniciador o fulminante, de la carga de propulsión, de los lubricantes y metales empleados en la fabricación del cartucho, así como del cañón del arma.

Los residuos por disparos de arma de fuego pueden alcanzar no sólo al tirador, sino también a las personas que se encuentren cerca al momento del disparo, entre ellas al blanco; en consideración de que al disparar un arma de fuego se generan dos conos de deflagración: uno anterior y otro posterior. Pero para que esto suceda, el tirador debe usar un arma corta,<sup>27</sup> y el blanco tiene que estar ubicado a corta distancia, lo cual normalmente se considera a menos de un metro, aunque no se cuenta con datos concluyentes al respecto. Lo determinante para reconocer la distancia del arma con relación a un ser humano como blanco es el tipo de herida generado, a lo cual nos referiremos más adelante.

Es importante tener en cuenta que la salida de los disparos por arma de fuego puede ser evitada casi en su totalidad en las armas semiautomáticas, automáticas y los rifles mediante el uso de un “silenciador” (un dispositivo inserto o colocado al final del cañón para amortiguar el ruido producido durante el disparo).

Las diferentes técnicas de laboratorio desarrolladas a lo largo del tiempo para detectar estos residuos se enfocaron inicialmente en la presencia de radicales de nitrato y nitrito (producidos al deflagrarse la pólvora),<sup>28</sup> y

---

cumento electrónico disponible en: [http://www.secretariadoejecutivo.ssp.gob.mx/work/models/SecretariadoEjecutivo/Resource/1065/1/images/8\\_Acuerdo\\_para\\_consolidar\\_la\\_base\\_de\\_datos\\_de\\_huella\\_balística\\_de\\_las\\_armas\\_asignadas\\_a\\_las\\_instituciones\\_de\\_seguridad.pdf](http://www.secretariadoejecutivo.ssp.gob.mx/work/models/SecretariadoEjecutivo/Resource/1065/1/images/8_Acuerdo_para_consolidar_la_base_de_datos_de_huella_balística_de_las_armas_asignadas_a_las_instituciones_de_seguridad.pdf), visitada el 3 de octubre de 2015.

<sup>27</sup> Para conocer las razones que dificultan que en las manos de una persona que dispara un arma larga queden residuos generados durante el mecanismo del disparo, véase Heard, Brian J., *op. cit.*, p. 242.

<sup>28</sup> Actualmente se utiliza la pólvora sin humo o piroxilada en la gran mayoría de los cartuchos, que surgió con el descubrimiento en 1847 de la nitroglicerina por el químico italiano Ascanio Sobrero y su posterior perfeccionamiento para controlar su velocidad de combustión. Ésta puede ser de tres tipos: base simple (nitrocelulosa), doble (nitrocelulosa y nitroglicerina) y triple (nitrocelulosa, nitroglicerina y nitroguanidina), más aditivos en cada

posteriormente a los metales contenidos en el fulminante: plomo (Pb), el mayor componente de las sustancias iniciadoras de la combustión y el principal componente del proyectil propiamente dicho; bario (Ba), utilizado como agente de oxidación, y el antimonio (Sb), presente en las sustancias combustibles de la mayoría de los fulminantes. Estos componentes metálicos del fulminante expulsados como vapores forman al condensarse partículas, que pueden contener a uno de ellos, a dos, o bien a los tres. “Son las partículas que contienen a todos los elementos, juntos con su específica morfología, lo que hace único al residuo generado por el disparo de una arma de fuego”.<sup>29</sup>

Cuando los resultados de la aplicación de la mayoría de técnicas resultan positivos, indican que se encontraron ese tipo de residuos en las muestras tomadas, de lo cual se infiere, pero no puede asegurarse con certeza, que se deben a que la persona en cuestión disparó un arma de fuego. Esta ausencia de certeza definitiva se debe a diversas razones: al inicio de este tipo de pruebas era debido a que la fuente de esos residuos podía ser distinta a un arma de fuego, y, en la actualidad, porque, como ya fue comentado más arriba, lo que señalan es la cercanía de la persona en la que se encontraron esa clase de residuos con un arma de fuego al momento de ser disparada, pero no necesariamente en calidad de tirador o simplemente por haberla descargado.<sup>30</sup>

## XII. TÉCNICAS DE LABORATORIO PARA DETECTAR RESIDUOS DE DISPARO DE ARMA DE FUEGO EN UN SOSPECHOSO

Para una mayor claridad en la exposición de la evolución de estas técnicas, las dividiremos en dos etapas. En una primera etapa se trató de técnicas colimétricas de origen químico, como las siguientes:

A) La técnica parafinoscópica, conocida como prueba de la parafina, aplica el reactivo Guthman (difenilamina-sulfúrica). Está actualmente en desuso debido a que al no ser específica podría dar positivo tanto ante los

---

uno de ellos; es seleccionada de acuerdo con el tipo de arma para la que está destinado el cartucho. Continúa usándose la pólvora negra, un compuesto físico, a diferencia de la primera que es químico, formado por nitrato de potasio (NO<sub>3</sub>K), azufre (S) y carbón (C), en forma marginal en cartuchos para uso deportivo, caza o con fines militares.

<sup>29</sup> Heard, Brian J., *op. cit.*, p. 242.

<sup>30</sup> En las pruebas modernas, que veremos más adelante, se considera posible, aunque poco probable, que ante un resultado positivo ese tipo de residuos provengan de una fuente distinta a un arma de fuego.

compuestos nitrados producidos durante el disparo de una arma de fuego como por el manejo inadecuado de pintura, solventes, orina, fertilizantes, cosméticos, etcétera.<sup>31</sup>

B) La prueba de rodizonato de sodio (RdNa) reacciona ante la presencia del plomo (del proyectil) y del bario (contenido en el fulminante). Si al aplicar a la muestra rodizonato de sodio se observa un color rosa-marrón es positiva para bario; si el color observado es rojo-escarlata, lo es para plomo; mientras que una mezcla de los dos colores indicará la presencia de ambos metales. Sus resultados no son del todo confiables, en virtud de que se basan en la apreciación visual del color de la muestra y a que puede dar falsos positivos ante personas que sin haber disparado un arma de fuego han manipulado sustancias que contienen Plomo, como los despachadores de gasolina, los hojalateros, plometos, etcétera o bien bario, que puede ser usado, como nitrato, para que los fuegos artificiales generen un color verde o como componente de algunos raticidas, entre otros usos prácticos.

Por su simplicidad, esta prueba es todavía utilizada ampliamente para detectar otros efectos externos de un disparo, entre ellos, si el ahumamiento alrededor de un orificio en una prenda de ropa está relacionado con el impacto de un proyectil.

C) La prueba *de Walker* se usa para identificar la presencia de nitritos en la tela de la ropa cercana a lo que se presume es el orificio de entrada de un proyectil a fin de inferir la distancia a la que fue realizado el disparo (mayor o menor a un metro), con base en la maculación de la pólvora. Fue creada en 1937 por J. T. Walker mediante la utilización del reactivo para identificar nitritos descrito por Greiss en 1858, consistente en una solución de ácido sulfanílico y otra de nafilamina.

Para obtener los residuos del trozo de tela bajo investigación y estudiar las características del tatuaje generado, se emplea papel fotográfico “desensibilizado” mediante la remoción de haluros de plata, para dejar sólo la placa gelatinosa, lo cual se consigue al aplicarle tiosulfato sódico (hipo), sustancia ampliamente usada como fijador fotográfico.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Para conocer el origen de esta prueba y la participación del mexicano Teodoro González en su introducción al Laboratorio de Identificación Criminal de la Policía del Distrito Federal en 1931, véase Moreno González, Rafael, *Balística forense*, México, Porrúa, 2011, pp. 77-79.

<sup>32</sup> Esta prueba ha sido superada por otras como la de Greiss modificada, Marshall y Tewari, entre otras, que son variaciones de ésta a partir del uso de otras sustancias químicas como reactivos. Véanse James H., Stuart & Nordby, Jon J., *Forensic Science. An Introduction to Scientific and Investigative Techniques*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group, 2005, pp. 410 y 411; Heard, Brian J., *op. cit.*, p. 245, y De Antón y Barberá, Francisco, y De Luis y Turégano, Juan Vte., *op. cit.*, pp. 1523 y 1524.

D) La prueba de Harrison-Gilroy fue desarrollada en 1959 por Robert Gilroy y Harold Harrison en la Universidad de Rhode Island, destinada a detectar residuos del fulminante: los de antimonio con el uso de yoduro de trifenimetil arsonio como reactivo, los del bario con rodizonato de sodio y, finalmente, los de plomo mediante ácido clorhídrico diluido. Su desventaja es que detecta moléculas que los contienen uno a uno y no a los tres juntos, además de que no es suficientemente sensible para detectar bajas concentraciones de esos elementos.

En la segunda etapa de la evolución de las técnicas de laboratorio para identificar los residuos de disparo de arma de fuego, que prevalece hasta la actualidad, han predominado técnicas instrumentales de la química analítica, ya no físicas, con base en la espectroscopía, que estudia la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, mediante la medición e interpretación de la absorción o emisión de este tipo de radiación, en forma de luz visible, en diferentes especies químicas como los átomos y las moléculas.

Son técnicas más sensibles y confiables que las de la primera etapa, aunque también tienen limitaciones, como la premura con que debe tomarse la muestra luego del disparo, para que sus resultados sean confiables, de preferencia a la hora de haber sido disparada el arma, y nunca después de las ocho horas.<sup>33</sup> Entre ellas se encuentran las siguientes:

E) Espectroscopia de absorción atómica sin flama (*flameless atomic absorption spectroscopy*, FASS) es actualmente la más comúnmente empleada. Está orientada a detectar con gran sensibilidad y precisión la presencia de antimonio, de bario y de plomo.

Su fundamento científico deriva de que los átomos de cada elemento químico son capaces de absorber energía en forma de luz siempre y cuando sea de la longitud de onda que es propia de cada uno de ellos.

La muestra bajo investigación es aspirada por una flama con un poder calorífico capaz de vaporizar a los elementos que contiene, con lo cual se inducirá la liberación de sus átomos, absorberán los rayos de luz que sean de la longitud de onda que es propia de cada uno de ellos. Con el uso de un espectrofotómetro de absorción atómica puede identificarse la longitud de onda de los rayos de luz que fueron absorbidos y a través de ésta al tipo de elemento químico que lo hizo, mientras que la cantidad de luz absorbida permitirá determinar su cantidad.

Una variante en la aplicación de esta prueba es la sustitución de la flama con la energía producida por un horno de grafito, que es adicionado al espectrofotómetro de absorción atómica.

<sup>33</sup> Sweetman Timothy & Sweetman Adele, *Investigating a Homicide*, Belmont, Wadsworth /Thomson Learning, 2001, p. 6.

Su desventaja es que no es posible precisar si al ser detectados los tres elementos (Ba, Pb y Sb) éstos se hallan en una sola partícula, lo cual constituye una limitante, debido a que, como ya se señaló, si los tres están presentes en una muestra, pero no en una sola partícula, podrían proceder de diversas fuentes: el antimonio de su uso como surfactante en el tratamiento de fibras textiles,<sup>34</sup> por ejemplo; el bario en la fabricación de cosméticos o en otros usos prácticos, como los mencionados con anterioridad, y el plomo en la producción de baterías hasta o como aditivo en las gasolinas, entre muchas otras.<sup>35</sup>

F) El análisis por activación de neutrones (*Neutron Activation Analysis*, NAA) orientado a la detección de antimonio y bario mediante el uso de un reactor nuclear para bombardear a estos elementos con neutrones e inducir su transformación en radioisótopos, los que emiten rayos gama de longitudes perfectamente definidas, de modo que el análisis de su espectro permite su identificación y cuantificación.

Para evitar la generación falsa de resultados positivos, es necesario que estén presentes ambos elementos y en cantidades significativamente altas, en consideración de que pueden detectarse aisladamente o en un rango bajo en las manos de una persona que no ha disparado un arma de fuego. Cuando se cumplen esas condiciones es una técnica muy exacta para detectar antimonio y bario, con la limitante de que no puede hacerlo con el plomo (principal componente de los GSR), razón por la que es poco usada, además de su alto costo y la complejidad de su aplicación.<sup>36</sup>

G) Microscopía electrónica de barrido con un analizador de energía dispersiva de rayos X (*scanning electronic microscopy with an energy dispersive X-ray analyzer*, SEM-EDX): utiliza un haz de electrones de alta energía, en lugar de luz, para magnificar significativamente la imagen de la muestra observada, lo cual permite identificar, en este caso, la morfología característica de las partículas producidas con el disparo de una arma de fuego (integradas con plomo, bario y antimonio).

Al bombardear la muestra con un haz de electrones, éstos le transmiten parte de su energía a las partículas que contiene, lo que ocasiona que sus elementos desprendan electrones en forma de rayos X. Como la longitud de

---

<sup>34</sup> Se denomina surfactantes a las sustancias que son agentes químicos activos en superficie y se utilizan, entre otras posibilidades, en suavizantes de telas; su nombre deriva de la palabra inglesa *surfactant*: *surface active agent*.

<sup>35</sup> Heard, Brian J., *op. cit.*, p. 246.

<sup>36</sup> Lukens, H. R. *et al.*, "Forensic Neutron Activation of Bullet-Lead Specimens", en *U.S. Atomic Energy Commission Report GA-10141*, Washington, D. C., 1970.

onda del rayo X emitido corresponde a la que es característica de cada elemento en lo particular, éstas pueden ser identificadas mediante un análisis de energía dispersiva de rayos X, además de medir la intensidad del mismo. Ello permite realizar un examen tanto cualitativo como cuantitativo de la muestra, que no es destruida, a diferencia de la aplicación de otro tipo de técnicas, por lo que podría ser reexaminada cuantas veces se considere necesario. Ello contribuye a que los resultados de esta técnica se consideren concluyentes y sea la mejor con que se cuenta en la actualidad. Sus desventajas son su alto costo y el tiempo que dura su aplicación.<sup>37</sup>

### XIII. TRANSFERENCIAS QUE RELACIONAN AL ARMA CON LA VÍCTIMA

La principal transferencia son las heridas que ocasiona el proyectil disparado por el arma en el cuerpo de la víctima, debido a la energía en movimiento que posee, lo que se conoce como energía cinética, y se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$EC: WV^2/2g$$

Donde:

EC es igual a energía cinética.

W al peso.

V a la velocidad, y

g a la aceleración producida por la fuerza de atracción de la gravedad (9.8 m/seg<sup>2</sup>).

Si bien la energía cinética depende tanto del peso del proyectil como de la velocidad a la que sale expulsado por la boca del cañón del arma, esta última variable tiene mayor relevancia, por estar elevada al cuadrado.

Al impactar un proyectil en el cuerpo de una víctima, puede generar dos tipos de heridas: “penetrantes”, si sólo hay orificio de entrada, y “perforantes”, si también lo hay de salida. En ambos casos producirá a su paso

---

<sup>37</sup> Para una explicación detallada de SEM-EDX véase Wolten, G. M. ; Nesbitt , R. S.; Calloway , A. R.; Loper , G.L., and Jones, P. F., *Final Report on Particle Analysis for GSR Detection*. El Segundo, CA, USA ATR-77 (7915)-3, Aerospace Corp., september 1977, documento disponible en: <https://www.njcrs.gov/pdffiles1/Digitization/43632NCJRS.pdf>, visitada el 14 de octubre de 2015.

dentro del cuerpo de la víctima una cavidad considerada “temporal”, debido a que su forma será modificada en cuestión de microsegundos por las pulsaciones y contracciones del área del afectada, hasta casi desaparecer o adquirir una extensión y forma más permanentes.

La capacidad del proyectil para causar daño en el cuerpo de una víctima depende de la *pérdida* de la energía cinética que posee, que no es uniforme, y en virtud de ello hace que su trayectoria se desestabilice y genere una cavidad temporal de mayor extensión y permanencia. Por lo que, en consecuencia, es más peligrosa una herida penetrante que una perforante.

Cuando la pérdida de la energía cinética del proyectil rebasa un cierto umbral, produce una cavidad temporal de un tamaño que excede la elasticidad del órgano impactado y ocasiona que se reviente. Si el proyectil además se fragmenta al chocar contra el cuerpo de una víctima, mayor será su capacidad de producir daño. Esas dos características: la velocidad y la fragmentación, es lo que hacen que sea tan letal el proyectil 5.56 x 45 de un fusil M16.<sup>38</sup>

#### XIV. CLASIFICACIÓN DE LAS HERIDAS POR ARMA DE FUEGO SEGÚN LA DISTANCIA DEL DISPARO

Las heridas producidas por el disparo de un arma de fuego tienen características específicas de acuerdo con la distancia desde la que fue realizado aquél. Los aspectos principales que debe determinar el médico legista son el orificio de entrada, la trayectoria del proyectil y, en su caso, el orificio de salida, por lo que se clasifican en cuatro categorías, a saber:

— Boca de jarro o con arma abocada, cuando la punta del cañón toca, firmemente o suavemente, al blanco, el orificio de entrada tiene una forma desgarrada y un diámetro mayor que el del proyectil, debido al efecto de salida de los gases generados durante el disparo. A esa forma estrellada se le conoce como “boca de mina de Hoffman”; mientras que el interior de la herida estará ennegrecido por la recepción del negro del humo y de granos de la pólvora.

Otra de las características de este tipo de herida es la generación en sus bordes de un tatuaje denominado “verdadero”, en consideración de que no desaparece con una simple acción de limpieza, debido a que es ocasionado al quemarse la piel y por la incrustación de los granos de la pólvora.

---

<sup>38</sup> Para una explicación detallada de la velocidad cinética de un proyectil y la cavidad temporal que genera al impactar en el cuerpo de una víctima véase a Di Maio, Vincent J. M., *Gunshot Wounds. Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques*, 2a. ed., New York, Boca Raton, CRC Press, 1999, Chapter 3 “Wound Ballistics”.

En cambio, cuando el disparo es realizado sin un contacto completo entre la boca del cañón y la piel, como sucede en la mayoría de los casos de suicidio con el uso de armas de fuego, el humo generado se escapa por entre los huecos referidos y genera un ennegrecimiento sobre la piel, que se conoce como *falso tatuaje*. Debido al ángulo que se forma entre a la boca del cañón y la superficie del impacto, el ennegrecimiento tiende a concentrarse en el lado opuesto de la zona de contacto y en la misma dirección que la trayectoria del proyectil.

Un signo de los disparos con el arma abocada sobre la cabeza es la aparición de un anillo de humo sobre la superficie externa del hueso impactado, que se conoce como “signo de Benassi”. Mientras que cuando se realiza con la boca del cañón del arma sobre la ropa de la víctima, ésta se deshila y sobre la piel más cercana se grabará una suerte de copia en calca de la misma, denominada “escarapela de Simonin”.

— A quemarropa: cuando la boca del cañón se encuentra a una distancia del blanco menor al largo de la lengua de fuego producida al disparar, la cual no rebasa los treinta centímetros.

Ello ocasiona que se produzcan en el área que bordea al orificio de entrada (normalmente circular u oval, y el cual es menor que el diámetro del proyectil), los siguientes efectos:

- a) El anillo de Fish, integrado por una parte ennegrecida (collarete erosivo) alrededor de la herida, y luego de ésta el llamado “collarete de limpieza”, en virtud de que los restos de suciedad que pudieran haberse encontrado en esa zona fueron arrastrados hacia el interior de la herida por el efecto del proyectil, salvo que trajera impurezas adquiridas al haber impactado previamente en otras superficies. Éste es un signo inequívoco de una herida por disparo de arma de fuego.
- b) Una quemadura en forma de aureola producida por la llama.
- c) Un tatuaje verdadero denso y concentrado adentro y afuera de la herida.
- d) Un falso tatuaje formado por depósitos superficiales de humos generados al deflagrarse la pólvora, cuyo alcance depende de una serie de factores, como el calibre del arma, el tipo de fulminante usado, el ángulo de la boca del cañón en relación con la zona del impacto y su longitud, entre otros. Siempre se encuentra presente dado su alcance en las heridas a quemarropa y con arma abocada suavemente.

En este ejemplo gráfico se encuentran tanto el tatuaje verdadero como el falso uniformemente distribuidos alrededor de la herida, lo que indica una trayectoria perpendicular del proyectil respecto al plano del impacto.

Una característica que permite distinguir a los disparos con arma abocada suavemente y los realizados a quemarropa es la distribución del tatuaje falso, ya que en los primeros se concentra en el sentido de la trayectoria del proyectil, y en estos últimos en el lado opuesto a la misma, como se muestra a continuación.

— A corta distancia: cuando el disparo se realiza a una distancia, entre la boca del cañón del arma y la herida, dentro del alcance de los elementos que producen el tatuaje verdadero.

En este tipo de herida no se presenta la quemadura, sino sólo el anillo de Fish y dos diferentes tipos de tatuaje verdadero: uno producido por restos de pólvora no combustionada o semicom combustionada, y otro generado por partículas metálicas del fulminante del proyectil, que no son distinguibles a simple vista, por lo que deben realizarse pruebas de laboratorio sobre la muestra obtenida en la zona de la herida, mediante el uso de papel fotográfico previamente tratado.

El tatuaje producido por los restos de la pólvora combustionada o semicom combustionada que resulta visible a simple vista es el signo distintivo de los disparos producidos a una distancia menor a los cincuenta cms. (cuando se trata de armas cortas), pero que supera la alcanzada por la lengua de fuego (para que no se trate una herida a quemarropa, abordada en el punto anterior). Este tatuaje consiste en una serie de lesiones en forma de puntos de color marrón rojizo y en un naranja tirando a rojo. Es una coloración que además indica que el disparo impactó en el cuerpo de una persona que se encontraba con vida, ya que cuando se realiza contra un cadáver se presenta en color gris y amarillo.<sup>39</sup>

En los disparos con arma corta a más de cincuenta cms. y menos de un metro sólo se encuentra presente el anillo de Fish y el tatuaje producido por las partículas procedentes del fulminante del proyectil (no visibles a simple vista).

— A larga distancia. Por la distancia existente entre la boca de cañón del arma y la herida no es posible que se produzca el tatuaje verdadero; únicamente estará presente el anillo de Fish.

A excepción de la herida a boca de jarro, no es posible establecer para los otros tres tipos de herida por disparo de arma de fuego parámetros definitivos de distancia entre la boca del cañón y la zona del impacto del proyectil, sin realizar disparos de prueba y las mediciones correspondientes,

---

<sup>39</sup> En las palmas de las manos y de las plantas de los pies impactadas por proyectiles disparados a quemarropa o a muy corta distancia puede no producirse la reacción dérmica vital que genera el tatuaje verdadero, debido al grosor de esa parte de la piel, en opinión de Di Maio, Vincent J. M., *op. cit.*, p. 125.

debido a que el alcance de los efectos producidos al realizarse el disparo varían de acuerdo con las características del cartucho y del arma de fuego empleada.

Así se relacionan los cuatro tipos de herida por disparo de arma de fuego con efectos específicos generados durante el disparo (gases de explosión, llama, granos de pólvora y negro de humo) por los distintos componentes del cartucho (pólvora, taco<sup>40</sup> y proyectil).

## XV. MATERIALIZACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE UN PROYECTIL

En la investigación de un homicidio por arma de fuego es importante determinar dónde estaba localizado el tirador; para lograrlo, deben encontrarse en la escena del crimen, pistas que ayuden a determinar la trayectoria del proyectil; entre ellas, son fundamentales los orificios de entrada, salida o rebote producidos por el mismo, y en forma complementaria los residuos por disparo de arma de fuego y los casquillos percutidos.<sup>41</sup>

Para inferir la trayectoria del proyectil, que es su recorrido desde la boca del arma de fuego hasta un blanco, es importante considerar las fuerzas que actúan sobre el mismo: la de proyección (producida por la presión de los gases generados al deflagrarse la pólvora), la de la gravedad y la de resistencia del viento, así como las distintas líneas que pueden trazarse con base en su trayectoria y sus respectivos ángulos. Estas referencias permitirán inferir mediante la realización de cálculos con base en el teorema de Pitágoras y el uso de la tabla de funciones trigonométricas, como se verá más adelante, el lugar desde donde fue realizado el disparo en contra de la víctima.

Cuando los investigadores han recabado pistas suficientes para inferir la trayectoria de un proyectil, pueden corroborar su dirección usando un buscador de ángulo balístico y uniendo los puntos de origen y destino, lo que se conoce como “línea de situación”<sup>42</sup> con un rayo láser, que puede visualizar-

---

<sup>40</sup> El taco es un objeto, generalmente de plástico o de un material similar, que se encarga de separar la pólvora de los proyectiles y es usado en la actualidad sobre todo en las escopetas. En los disparos a boca de jarro y a quemarropa el taco lesionará a la víctima al salir expulsado.

<sup>41</sup> Los orificios de salida tienen un diámetro mayor a los de entrada, y éstos uno menor al del proyectil, salvo en los disparos con arma abocada.

<sup>42</sup> “La Línea recta imaginaria que une el origen de fuego con el blanco impactado. A la medida longitudinal de la recta de situación se llama ALCANCE”, *ibidem*, p. 1480.

se rociando un *spray* en torno al mismo.<sup>43</sup> Ello dará una idea aproximada de la trayectoria real, ya que no toma en cuenta el efecto de la fuerza de la gravedad, bajo el que adquiere una forma parabólica.<sup>44</sup> El determinar esta línea permitirá medir la distancia lineal del recorrido del proyectil desde la boca del cañón hasta impactar en el blanco y trazar las otras líneas y ángulos asociados a su trayectoria, en el intento de ubicar, con base en cálculos trigonométricos, la posición del tirador.

En el siguiente caso hipotético se determina, mediante el trazo de líneas y ángulos asociados a la trayectoria del proyectil y con cálculos basados en el teorema de Pitágoras, la ubicación al interior de un edificio de apartamentos del francotirador que disparó en contra de un vehículo que se encontraba estacionado en una calle adyacente.<sup>45</sup> El proyectil impactó inicialmente en el parabrisas y posteriormente en el asiento del conductor. Al unir esos dos puntos con una línea recta, se trazó la llamada “línea de situación”, por lo que en algún punto de la misma debió ubicarse el tirador.

La “línea de situación” coincide con la hipotenusa en el triángulo rectángulo que se aprecia en la imagen; el cateto opuesto al triángulo B con la distancia horizontal desde el impacto del proyectil con el asiento del conductor hasta la pared del edificio más cercano al lugar donde se encontraba el automóvil, y el cateto adyacente se puede calcular usando el teorema de Pitágoras, que señala que la hipotenusa al cuadrado es igual a la suma del cuadrado de los catetos. De acuerdo con la imagen que se encuentra abajo:

A lo que resulte de calcular el cateto adyacente al triángulo B habría que sumar la distancia al suelo desde el punto en que el cateto opuesto al mismo toca el edificio (punto W), la cual está indicada con una línea horizontal con punta de flecha en sus dos extremos. Ello permitió determinar que el disparo fue efectuado desde una ventana del quinto piso.

---

<sup>43</sup> Para una explicación detallada de esta técnica y del equipo necesario para llevarla a cabo véase Academia Iberoamericana de Criminalística y Estudios Forenses y Grupo Iberoamericano de Balística Forense, *Manual de buenas prácticas en balística forense*, 2011, pp. 56-70, documento electrónico disponible en: <https://www.mf.hn/Forense/documentos-07/>, visitada el 10 de noviembre de 2015.

<sup>44</sup> Los proyectiles disparados con armas cortas tienen trayectorias que se asemejan a una línea recta, pero, en sentido estricto, no lo son, por el efecto de la fuerza de la gravedad y de la resistencia del viento, lo que ocasiona que aunque no se impacten con algún blanco durante su trayectoria, en algún momento pierdan velocidad y caigan en picada.

<sup>45</sup> El mismo está basado en un ejemplo presentado en Bertino J. Anthony, *Forensic Science. Fundamentals & investigation* Ohio, South-Western Cengage Learning 6, 2008, pp. 498-501.