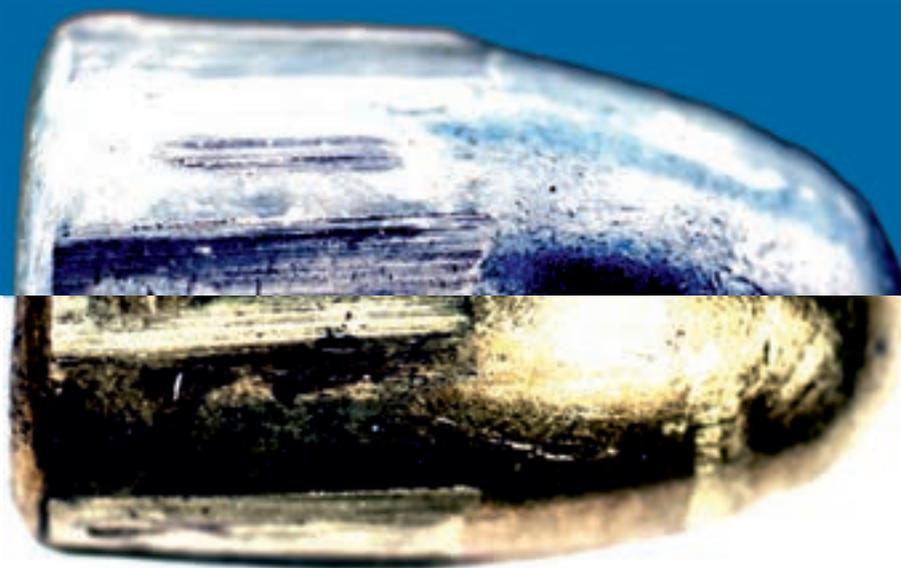


# ARMAS DE FUEGO Y CIENCIAS FORENSES



**ASOCIACION GALEGA DE MEDICOS FORENSES**

F. Serrulla (Coordinador)

**2019**



CIENCIAS FORENSES Y ARMAS DE FUEGO  
EDITA: Asociación Galega de Médicos Forenses ([www.agmf.es](http://www.agmf.es)).

Dirección Xeral de Xustiza. Xunta de Galicia.



**XUNTA DE GALICIA**

VICEPRESIDENCIA E CONSELLERÍA DE PRESIDENCIA,  
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA E XUSTIZA

COORDINADOR DEL TEXTO: Fernando Serrulla.  
IMAGEN PORTADA: Laureano Recamán Fuentes.  
MAQUETACIÓN: Fernando Salgado Iglesias.  
IMPRIME: A Imprenta Ourense S.L.  
DEPOSITO LEGAL: OU 233-2019

El presente texto es el resultado de las ponencias del Curso 'Ciencias Forenses y Armas de Fuego' celebrado en la Facultad de Medicina de Santiago de Compostela los días 19 y 20 de septiembre de 2019. Además contamos en el texto con la colaboración de destacados expertos de Colombia con gran experiencia en este tipo de lesiones. El curso ha sido coorganizado por la Asociación Galega de Médicos Forenses, el Instituto de Medicina Legal de Galicia, la Asociación Nacional de Médicos Forenses, la Sociedad Española de Patología Forense y la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense. El curso contó con la destacada colaboración de varias instituciones científicas y académicas y con el indispensable patrocinio de la empresa Comercial Hospitalaria Grupo 3.

### ENTIDADES ORGANIZADORAS



### ENTIDADES COLABORADORAS

Instituto de Ciencias Forenses Luis Concheiro (USC).

Departamento de Ciencias Forenses, Anatomía Patológica, Ginecología y Obstetricia, y Pediatría (USC).

Sociedad de Ciencias Aranzadi.

Departamento Medicina Legal (UPV).

Instituto de Criminología USC.

### PATROCINA

Comercial Hospitalaria Grupo 3.

### COMITÉ ORGANIZADOR

Fernando Serrulla Rech. Alberto Fernández Liste. Ana Losada Gil.

Máximo Lucio Rodríguez Vázquez. Laureano Recamán Fuentes.



# AUTORES

## **Pedro Solís Casadomé.**

Sargento del Departamento de Balística y Trazas instrumentales del Servicio de Criminalística de la Guardia Civil. Madrid (España).

## **Luis Miguel Gómez López.**

Inspector Jefe de Policía Científica. Escuela Nacional de Policía. Cuerpo Nacional de Policía. Avila (España).

## **Francisco Etxeberria Gabilondo.**

Profesor Titular Universidad del País Vasco. Médico Especialista en Medicina Legal y Forense. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Donostia-San Sebastián (España).

## **Ignasi Galtés Vicente.**

Médico y Antropólogo Forense. Instituto de Medicina Legal de Catalunya. Barcelona (España).

## **Mar Nogal Ruiz.**

Médico Especialista en Medicina Legal y Forense. Servicio de Criminalística. Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Madrid (España).

## **Ana María Pérez Cao.**

Facultativa del Servicio de Criminalística. Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Madrid (España).

## **Marisol Sánchez de León Robles.**

Facultativa del Servicio de Histopatología. Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Madrid (España).

## **Francisco Javier Díaz-Domingo.**

Deputy Chief Medical Examiner. Office of the Chief Medical Examiner. Washington DC.

## **César Sanabria Medina.**

Antropólogo Forense. Universidad Antonio Nariño. Bogotá DC (Bogotá, Colombia).

## **Edgar Hernando Bernal González.**

Antropólogo Forense. Unidad de Búsqueda de Personas Desaparecidas (Bogotá, Colombia).

## **Luis Carlos Salgado Castellanos.**

Médico Forense. Unidad de Búsqueda de Personas Desaparecidas (Bogotá, Colombia).



# INDICE

---

1. Las armas de fuego en España. <i>Pedro Solís Casadomé</i> .....	11
2. Procesado de la escena en casos de armas de fuego. <i>Luis Miguel Gómez López</i> .....	35
3. Lesiones por armas de fuego. Patología Forense y cuestiones médico forenses. <i>Francisco Etxeberría Gabilondo</i> .....	55
4. Antropología forense de las lesiones por proyectil de arma de fuego. <i>Ignasi Galtés Vicente</i> .....	101
5. Técnicas de análisis de los residuos de disparo. <i>Ana María Pérez Cao</i> .....	119
6. Análisis de laboratorio de las lesiones por arma de fuego. <i>Mar Nogal Ruiz, Ana María Pérez Cao</i> .....	143
7. Histopatología Forense de las lesiones por arma de fuego. <i>Marisol Sánchez de León Robles</i> .....	167
8a. Técnicas de análisis criminalístico de las armas de fuego. Pruebas experimentales. <i>Pedro Solís Casadomé</i> .....	183
8b. Técnicas de análisis criminalístico de las armas de fuego. <i>Luis Miguel Gómez López</i> .....	197
9. Patología, antropología y radiología forense de las heridas por arma de fuego. <i>Francisco Javier Díaz-Domingo</i> .....	207
10. Patología y antropología de las lesiones atípicas por impacto de proyectiles de arma de fuego en Colombia. <i>César Sanabria Medina, Edgar Hernando Bernal González, Luis Carlos Salgado Castellanos</i> .....	229



# INTRODUCCIÓN.

El 'Curso de Armas de Fuego y Ciencias Forenses' se gestó en el hemisferio sur en julio de 2017. En las largas noches del invierno austral durante la misión humanitaria en la que trabajamos para el Comité Internacional de la Cruz Roja identificando soldados argentinos de la guerra de las Malvinas<sup>1</sup>. Tras la cena muchos días presentábamos casos o surgían debates científicos (y no científicos) de todo tipo. Uno de ellos se centró en si las lesiones por armas de fuego son o no un tipo de traumatismo contuso. El debate académico duró muchos meses y aún podríamos decir que no ha terminado.

Quizás animados por el gran número de casos que pudimos ver de lesiones de guerra (explosivos y armas) o quizás por otras razones me pareció necesario actualizar los conocimientos en lo relativo a las lesiones por armas de fuego. Un campo del conocimiento en el que afortunadamente en España no tenemos una gran experiencia, pero que en ocasiones plantea importantes problemas a veces complejos en su resolución.

Con estas coordenadas nos planteamos en la Asociación Galega de Médicos Forenses organizar este curso. Quisimos contar con los mejores en cada campo y editar un libro lo que nos ha obligado a hacer un esfuerzo organizativo fuera de lo común y dedicar más de un año a organizarlo todo. Para ello en primer lugar buscamos el apoyo de la Dirección Xeral de Xustiza de la Xunta de Galicia y lo obtuvimos. La favorable respuesta del Director Xeral ha sido clave para que este curso pueda existir. Agradecemos especialmente su disposición.

Después hemos querido implicar en la organización a cuantas instituciones profesionales o académicas han querido hacerlo. Así hemos podido juntar bien como colaboradora o como organizadora a diez instituciones directamente relacionadas con las Ciencias Forenses. Agradecemos a todos sus representantes las facilidades dadas para la organización de este curso. Al Presidente de la Asociación Nacional de Médicos Forense D Enrique Fernández, al Presidente de la Sociedad Española de Patología Forense D Juan Giner, a la Directora del Instituto de Medicina Legal de Galicia Dña Beatriz Otero Abadín, a la Directora del Instituto Universitario de Ciencias Forenses Luis Concheiro Dña María Victoria Lareu, al Director del Departamento de Medicina Legal de la USC D José Ignacio Muñoz Barús y al Director del Instituto de Criminología de la USC D Fernando Vázquez Portomeñe. Queremos también agradecer su disposición a la entidad patrocinadora Comercial Hospitalaría Grupo 3 y especialmente a D Carlos Vello por su apoyo al desarrollo de la Medicina Forense en Galicia.

No quisiera que esta introducción al libro fuera una lista de agradecimientos, pero es de ley reconocer el esfuerzo que todxs lxs autorxs han hecho para que el curso haya podido celebrarse y para que este libro exista. He buscado a los mejores y aquí están. Seguramente no estén todos, pero los autores de este texto posiblemente forman parte del grupo de

<sup>1</sup> Plan Proyecto Humanitario Malvinas/Falkland desarrollado entre Junio y Agosto de 2017 en el cementerio Darwin (Malvinas/Falkland) por iniciativa de los gobiernos del Reino Unido y Argentina a través del Comité Internacional de la Cruz Roja.

profesionales que más experiencia y conocimientos tienen sobre el complejo capítulo de las lesiones por armas de fuego y su criminalística. Todos han tenido mucha paciencia para aguantarme en las exigencias editoriales, en las constantes comunicaciones por correo electrónico, en los errores, en las cosas que no han salido bien,... Gracias a todos los autores y especialmente a César Sanabria y Francisco Díaz que aportan con su experiencia y conocimiento una destacada nota de calidad en el texto.

Por último quiero agradecer al Comité Organizador su desinteresada colaboración en la organización de este curso y la edición del libro. Sin ellos tampoco hubiera sido posible.

Fernando Serrulla Rech.  
*Santiago de Compostela, 20 de septiembre de 2019.*

# **1** Las armas de fuego en España.

# Las armas de fuego en España.

PEDRO SOLÍS CASADOMÉ<sup>1</sup>.

## 1. INTRODUCCIÓN.

### A) DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO DE BALÍSTICA EN GUARDIA CIVIL:

El Área de Balística está encuadrada dentro del Departamento de Balística y Trazas Instrumentales del Servicio de Criminalística de la Guardia Civil.

Su sede está en Madrid. Además de este Laboratorio Central, la Guardia Civil dispone de otros seis Laboratorios de Zona ubicados geográficamente en Sevilla, Valencia, Barcelona, Logroño, León y La Coruña.

Las diferencias entre el Laboratorio Central y los Laboratorios de Zona, son que hay ciertos estudios que sólo pueden desarrollarse en el primero, como por ejemplo: casos de terrorismo, casos en los que intervengan personal de cuerpos policiales y militares, casos de gran repercusión social, contra peritajes, cuando se tenga que realizar un estudio de Balística de Efectos, y como no, casos combinados en los que intervengan otros Departamentos del Secrim como Biología, Química, Identificación, etc...



### B) PARTES EN LAS QUE ESTÁ DIVIDIDA EL ÁREA:

Este Área trabaja en todos los hechos delictivos en los que intervienen armas de fuego y sus municiones como hemos dicho anteriormente; para ello nuestro trabajo los dividimos en cuatro partes: Balística Funcional, **Balística Identificativa**, **Balística de Exterior u Operativa** y **Balística de Efectos**.

<sup>1</sup> Sargento del Departamento de Balística y Trazas Instrumentales del Servicio de Criminalística de la Guardia Civil. Madrid.

### C) CUALES NUESTRA MISIÓN:

Somos el organismo de la Guardia Civil especializado en Balística Forense, cuya misión es dar respuesta a los problemas que se plantean con ocasión de la comisión de hechos delictivos en los que han intervenido armas de fuego y municiones.

En esta Área trabajamos directamente para nuestras Unidades Operativas y para Autoridades Judiciales nacionales, e indirectamente y a través de estos, con otros cuerpos policiales y otros organismos nacionales o incluso de fuera del territorio nacional.

### D) ACREDITACIÓN DE ENAC POR LA ISO 17.025:

Desde hace unos años estamos acreditados prácticamente en la mayor parte de ensayos que realizamos en esta área, ya que hemos ajustados los mismos a la ISO 17.025, consiguiendo pasar sus Auditorías Externas con gran éxito.

Quiero mencionar que somos el primer Laboratorio policial en España que fue acreditado, lo cual supuso un gran orgullo para todos los componentes de esta Área y de todo el Servicio de Criminalística de la Guardia Civil, ya que ello había supuesto un esfuerzo extraordinario hasta conseguir dicha acreditación.

En estos momentos tenemos acreditados los siguientes estudios:

- Estudio de armas y su funcionamiento (IT-B-34).
- Estudio de municiones y su funcionamiento (IT-B-35).
- Estudio de elementos dubitados (IT-B-27).
- Estudio comparativo entre elementos dubitados e indubitados (IT-B-28).

En estos momentos estamos intentando aumentar esa acreditación a estudio de tacos y perdigones, pero eso será en un futuro no muy lejano.

Una vez hecha esta pequeña introducción vamos a pasar a hablar de las armas de fuego que podemos encontrar en España desde sus comienzos hasta las más actuales que circulan por el mercado lícito e ilícito.

## 2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS ARMAS DE FUEGO.

En primer lugar, antes de entrar a hablar sobre las armas de fuego en España, sería conveniente definir las, y para ello, disponemos del Diccionario de la Real Academia de la Lengua que nos será muy útil.

La RAE dice: “Arma, es todo instrumento medio o máquina destinado a atacar o a defenderse”.

Hablaremos del comienzo de las armas de fuego portátiles y que tipo de proyectiles disparaban a través de sus cañones, o sea de las *armas de avancarga*. Explicaremos cómo funcionaban estas armas, sus diferentes tipos, su evolución y su repercusión en el mundo tras su invención.

Posteriormente, hablaremos de las *armas de retrocarga*, es decir, la mayoría de las armas de fuego que existen en el mercado actualmente. Durante la descripción de este tipo de armas, las clasificaremos en cuanto a su longitud, a su funcionamiento, a sus cañones y a su autonomía.

También veremos cómo han ido evolucionando este tipo de arma, como han aparecido armas detonadoras o de airsoft que simulan a las armas de fuego reales, y como se han ido transformando éstas, para conseguir unos efectos mortíferos.

Por último, veremos la problemática que hay a nivel europeo con las armas de fuego que están circulando de forma ilícita, y qué iniciativas hay entre los cuerpos policiales de Europa para frenar, reducir o anular este creciente tráfico de armas, las cuales en su mayoría está prohibida su posesión y uso, debido a las transformaciones que han sufrido.

## A) INICIO DE LAS ARMAS DE FUEGO PORTÁTILES:

### 1. Armas de Avancarga:

El inicio de las armas de fuego portátiles viene dado por la aparición de las *armas de avancarga* [1,2,3]. ¿Por qué se las denomina así? Es sencillo, porque este tipo de armas disparaba un proyectil que no iba alojado dentro de un casquillo o vaina formando un cartucho, es decir, la carga de proyección y el objeto proyectado iban por separado. En los comienzos de las armas de fuego no existían los cartuchos que todo el mundo conoce hoy en día.

El sistema de funcionamiento de estas armas era relativamente sencillo, pero muy lento de ejecutar, sobre todo cuando se debían de realizar varios disparos seguidos, ya que para ello se debían repetir las mismas operaciones para realizar cada disparo.

Dichas operaciones consistían en primer lugar, en introducir la carga de pólvora idónea, sin excedernos de los límites facilitados por el fabricante del arma, para evitar una sobrepresión en el cañón que pudiera provocar la rotura de éste, y por consiguiente unos daños en el tirador que en algunos casos llegaban a producir su muerte. Esta pólvora era introducida por la boca del cañón y se debía “atacar”, es decir, empujar hasta el fondo del cañón por medio de una baqueta, que solían portar estas armas por debajo de su cañón y paralelo a éste.

Una vez “atacada” correctamente la pólvora, se introducía un “calepino de fieltro” que hacía las veces de separador entre la pólvora y el proyectil.

Posteriormente, se introducía un proyectil o bala, por la boca de fuego del cañón, y se “ataca” o empujaba hasta presionarlo contra el calepino y la pólvora, con la misma baqueta que habíamos utilizado para introducir estos dos elementos anteriores. Los proyectiles eran generalmente de forma esférica, siendo su componente mayoritario el plomo, y debían tener un diámetro idéntico al del ánima del cañón o ligeramente superior a éste para que se ajustara al máximo a sus paredes, y evitar así, la pérdida de presión de los gases que se producían durante la combustión de la pólvora, en el caso de la munición de proyectil único, y en el caso de escopetas y trabucos se empleaban munición con proyectiles múltiples, similar a la actual munición semimetálica empleada hoy en día en la caza o en el tiro al plato.

Llegados a este extremo sólo nos faltaría un iniciador o fulminante que prendiera fuego a la pólvora. Se idearon varios tipos o sistemas para incendiar dicha pólvora, entre las que podríamos encontrar, respetando su orden de aparición los siguientes:

#### a) Mecha:

Con este sistema se debía acercar de forma manual la mecha encendida hacia la cazoleta con pólvora del exterior del cañón, la cual se comunicaba con su interior por medio de un orificio u

“oído”, que permitía la transferencia de ese fuego hacia la pólvora alojada en el interior, produciendo su combustión, y por lo tanto, el disparo.

Este sistema tan rudimentario, ocasionaba una serie de trastornos en el tirador, ya que, por un lado debía llevar un elemento encendido continuamente en una mano, y por otro lado, debía emplear la otra mano para sujetar el arma, hasta incendiar la pólvora con la mecha.

b) Llave de mecha:

La invención de este sistema facilitó la acción del tirador, ya que le permitía tener las dos manos libres para accionar el arma en el momento de efectuar el disparo sin necesidad de atender al sistema de ignición de la pólvora, y así podía centrar con mayor certeza su visión hacia el blanco a batir. Este sistema de ignición fue inventado en Europa en el siglo XV, y se empleaba en armas como el arcabuz.

A pesar del avance, se continuaba con el problema de tener que llevar un sistema de encendido.

c) Llave de rueda:

Este sistema de ignición emplea la fricción para iniciar por si sola la pólvora sin necesidad de que el tirador deba llevar un sistema de encendido en su poder como en los dos casos mencionados anteriormente. Este sistema se desarrolló sobre el año 1500, y supuso un gran avance en las armas de fuego portátiles. Se le conoció con este nombre porque empleaba para incendiar la pólvora una llave de acero con forma de rueda.

d) Llave de chispa:

Por el año 1600 se desarrolla este sistema de ignición, siendo su país de origen Francia. Este sistema tan novedoso se mantuvo durante más de dos siglos y no fue reemplazado por el de *llave de percusión* hasta bien entrado el siglo XIX.

Estas armas adaptaban en su martillo una piedra de pedernal o sílex, que al golpear con la cazoleta producía una chispa que quemaba a pólvora alojada en la misma.

e) Llave de percusión:

Como hemos dicho anteriormente este sistema aparece por el siglo XIX y viene a sustituir al de *llave de chispa*. En este caso, en vez de tener el martillo una piedra de pedernal o sílex, no lleva nada, y lo que hace, es golpear sobre un fulminante o pistón con fulminato de mercurio en su interior, colocado sobre una chimenea que comunicada igualmente por medio de un “oído” con el interior de cañón, a través del cual se trasmite el fuego. Este sistema fue inventado por Alexander John Forsyth.

Respecto a la munición que empleaban las armas de avancarga, podemos observar en la imagen siguiente los elementos necesarios para que se produjera el disparo. Destacamos entre estos elementos los imprescindibles, como son la pólvora negra, el calepino y el proyectil o bala esférica de plomo.

Actualmente se comercializan este tipo de armas para tiro de salón o en galería, o como no, en recreaciones o grabaciones cinematográficas, normalmente las suelen poseer coleccionistas o personas con licencia de armas de tiro deportivo.



Imagen número 1. Elementos para disparar armas de avancarga.

En la imagen número 1 se puede ver todos los elementos necesarios para efectuar un disparo con un arma de avancarga. En ella se aprecian el contenedor de pólvora, los pistones, la baqueta, los calepinos y los proyectiles.

## B) EVOLUCIÓN DE LAS ARMAS DE FUEGO PORTÁTILES:

### 1. Armas de Retrocarga:

¿Cuándo aparecen las armas de retrocarga? Pues sabemos de la aparición del primer fusil eficaz de la historia diseñado por el alemán Johann Nikolaus Dreyse.

Con este sistema se empieza a utilizar el cartucho completo y se llega a alcanzar una velocidad en boca de fuego de unos casi 300 metros por segundo, con un proyectil de unos 15 milímetros de diámetro aproximadamente. Esta velocidad es muy similar a la obtenida en municiones actuales.

Otra referencia muy importante que aparece en la bibliografía es la invención por parte del estadounidense Leonard Geiger de un fusil con el sistema de funcionamiento Rolling Block Action, más comúnmente conocido como sistema Remington.

Estos tipos de sistemas entran en Europa a través de tres países principalmente, España que adopta el sistema Remington, Inglaterra que lo hace con un sistema conocido como Martini-Henry, y Francia donde es adoptado el sistema Gras.

La introducción de estos sistemas mejora la velocidad de la cadencia de disparos, ya que se pasan en muchos casos de efectuar tres disparos por minuto hasta nueve o diez, y los alcances eficaces llegan casi hasta mil metros dependiendo del calibre y de la longitud de la vaina.

Hoy en día las armas de retrocarga son, prácticamente las únicas que se fabrican y comercializan, pasando las armas de avancarga a su uso en galerías de tiro, museos, coleccionistas o en algunas recreaciones del cine como hemos dicho anteriormente. Por lo tanto, la munición que empleaban estas últimas queda casi obsoleta, por lo que es muy difícil su comercialización.

En este apartado hemos hecho una breve descripción de este tipo de armas, ya que, en los puntos siguientes de este texto, las desarrollaremos con más detalle.

### 3. ANATOMÍA DE LAS ARMAS DE FUEGO Y DE LA MUNICIÓN.

A continuación, vamos a hablar de las armas de retrocarga, sus clasificaciones, sus características y la casuística de las más empleadas en nuestro país [4,5,6,7,8]. También hablaremos, como no, de la munición que emplean cada una de ellas, y veremos cómo han evolucionado junto con las armas de fuego.

En el caso de las armas existe una gran variedad debido a que no todas tienen el mismo sistema de funcionamiento, a que cambian su calibre incluso teniendo las mismas dimensiones y morfología, a que hay diferentes sistemas de disparo aun siendo prácticamente idénticas externamente, y a que varían su autonomía incluso estando clasificadas como el mismo tipo de arma y requerir los mismos requisitos legales para su tenencia. Todos estos cambios que realizan los fabricantes de armas están fundamentados en función de lo que quiera conseguir el tirador cuando va a hacer uso de ella.

Este tipo de armas se pueden clasificar de muchas formas, pero en este caso vamos a hacerlo atendiendo a su longitud, ánima, autonomía, sistema de disparo y sistema de percusión o ignición.

#### A) CLASIFICACIÓN DE LAS ARMAS DE FUEGO:

##### 1. Por su longitud:

En este caso las podemos dividir en *armas cortas o largas* según los criterios que aparecen a continuación, y que quedaban redactados en el Reglamento de Armas vigente en España.

En dicho Reglamento se nos diferencian las armas cortas por tener una longitud total inferior a 60 cm y su cañón no debe exceder de 30 cm. En cambio, las armas largas pasan a denominarse así cuando superan alguna de las dimensiones mencionadas anteriormente.

Dentro de las armas cortas se pueden encontrar las pistolas y los revólveres, y dentro de las armas largas, estarían las escopetas, subfusiles, fusiles, rifles, carabinas, etc...

##### 2. Por el ánima de su cañón:

Entendemos el ánima de un cañón como la parte interior del mismo, es decir, son las paredes interiores de los cañones por donde se deslizan los proyectiles o balas al ser expulsados al exterior en el momento de producirse el disparo.

Durante este desplazamiento el proyectil va a recibir señales de clase e individuales que vamos a utilizar en la Balística Identificativa.

Existen armas cuyos cañones están *estriados*, labrados con estrías y campos, otras que son *poligonales*, con prismas con caras o lados, u otras incluso que son *lisos*, como se puede apreciar a continuación.

Las diferencias que existen entre unos y otros van en función del fabricante y de los valores y efectos que va a querer conseguir cuando el proyectil o proyectiles son expulsados hacia el exterior.

Los *cañones estriados* se montan en una gran variedad de armas ligeras, es decir, desde pistolas, revólveres, subfusiles, hasta en rifles o fusiles de asalto, e incluso en ametralladoras. Los podemos encontrar en todo tipo de fabricantes tanto de fabricación nacional como internacional, y como no, dentro de cada tipo de arma de un mismo fabricante las vamos a ver

en diferentes calibres.

Hay una gran variedad en la fabricación de los cañones estriados, siendo los más comunes los labrados con seis estrías y seis campos con sentido de giro helicoidal hacia la derecha. Pero como hemos dicho esto puede variar, tanto en el número de estrías y campos como en el sentido de giro, y dentro de un mismo fabricante y de un mismo calibre, al variar de modelo de arma, puede llegar a cambiarlos. Como ejemplo de esto, podemos encontrar armas que se fabricaban antiguamente en España por la empresa Bonifacio Echeverría, S.A., como marca STAR, en algunos de sus modelos con calibres diferentes, podíamos encontrar cañones labrados por seis estrías y seis campos con sentido de giro helicoidal hacia la derecha, y en otros, los labraban con el mismo número de estrías y campos, pero su sentido de giro era hacia la izquierda.

Si hiciéramos un estudio con un mismo tipo de munición (mismo calibre y mismo fabricante), con armas labradas con estrías diferentes, posiblemente no encontraríamos muchas diferencias en las velocidades en boca de fuego, por lo tanto, el comportamiento de los proyectiles si se disparan con un arma u otra van a ser muy similares.

Los *cañones poligonales* son menos comunes. No hay muchos fabricantes que saquen al mercado armas con cañón poligonal, y tampoco hay gran variedad en cuanto al calibre que disparan, destacamos entre ellos por ser los más utilizados, el calibre 9 mm Parabellum (9 x 19 mm), para las pistolas marcas GLOCK (Austria), HK (Alemania) e IWI (Israel), y para las armas largas los calibres 7,62 x 51 mm y .223 Rem (5,56 x 45 mm), de la marca alemana HK en sus variantes de ametralladoras y fusiles de asalto.

En el caso de este tipo de cañones, los hay labrados por seis o por cuatro caras, y con el sentido de giro hacia la derecha en ambos casos.

Por último, dentro de esta clasificación, tenemos los *cañones lisos*. Estos cañones los vamos a encontrar en todo tipo de escopetas, y dentro de las mismas en todos los calibres de cartuchería semimetálica en los que se fabrican, estando entre los más comunes los calibre 12, 16, 20, 28, 32 y .410

El hecho de ser lisos implica que no dejan ningún tipo de señal identificativa en los proyectiles disparados a través de ellos. Dependiendo del tipo de proyectil que contengan los cartuchos en su interior hay ocasiones en que ni siquiera los proyectiles (perdigones) van a tener contacto directo con el cañón ya que van contenidos dentro de un taco de plástico durante su proyección por el ánima.

### 3. Por su autonomía:

Esta clasificación como veremos va a variar si tenemos cargador o depósito de munición, por su sistema de disparo y por el accionamiento de sus mecanismos. En la imagen siguiente podemos ver una clasificación que desarrollaremos a continuación.

#### a) Armas de monotiro:

Dentro de las armas de monotiro podemos encontrar una gran variedad, entre las más comunes se encuentran las escopetas de un solo cañón, y las escopetas de dos cañones paralelos, conocidas como yuxtapuestas y superpuestas.

También existen armas monotiro como las pistolas lanzabengalas.

El funcionamiento es sencillo, hay que bascular el cañón o cañones con el fin de facilitar la

introducción de un cartucho dentro de cada cañón, posteriormente se vuelve a bascular los mismos quedando cerradas como en su posición original.

De esta forma si se desea disparar únicamente será necesario accionar el disparador o disparadores para que se produzca el disparo.

Hay escopetas yuxtapuestas que disponen de un solo disparador para accionar tanto el cañón derecho como el izquierdo, y por otro lado, existen escopetas que disponen de dos disparadores el primero acciona el cañón derecho, y el más retrasado acciona el cañón izquierdo.

También podemos encontrar escopetas superpuestas con un solo disparador que pueden llegar incluso a tener un selector de disparo en la parte superior de la garganta de la culata, que nos permiten seleccionar el orden de los cañones que se quieren disparar, es decir primero por el superior y posteriormente, por el inferior, o cambiar el orden de los cañones. Pero como en el caso de las escopetas yuxtapuestas, podemos encontrar algunas que tengan dos disparadores que accionen independientemente cada uno de los disparadores de cada cañón.

Hay que destacar que este tipo de armas suelen tener unos chokes en la zona interior de los cañones próximos a la boca de fuego, que reducen ligeramente el diámetro de éste. Como norma general destacamos cinco de ellos, cilíndrico,  $\frac{1}{4}$  de choke,  $\frac{1}{2}$  de choke,  $\frac{3}{4}$  de choke y full choke.

Hay cañones que se fabrican con los chokes integrados en él. En cambio, hay fabricantes que dejan sus cañones con unos roscados internos o externos que permiten adaptar el tipo de choke intercambiable que el usuario o propietario desea emplear.

Hay que pensar que este tipo de armas se fabrican para el ejercicio cinagético o para el tiro al plato, generalmente, y el hecho de emplear uno u otro choke no tiene otra explicación que ésta: cuando efectuamos un primer disparo, y no alcanzamos a batir a nuestro objetivo, necesitamos que el siguiente disparo llegue más lejos que el primero, porque evidentemente el objetivo se encontrará más lejos. Por eso, siempre que tengamos dos chokes diferentes montados en una misma arma, el segundo disparo lo haremos con el que tenga mayor reducción. Esto es debido a que, al tener una mayor reducción del diámetro, tendremos un mayor alcance y una menor dispersión de los perdigones.

Un ejemplo de esto podría ser el siguiente: yo tengo una escopeta yuxtapuesta del calibre 12 (18,5 mm de diámetro aproximadamente), y tengo en mi cañón derecho montado  $\frac{1}{2}$  choke (reducción del cañón entre 0,4 y 0,6 mm), y en el cañón izquierdo un full choke (reducción del cañón entre 0,9 y 1,0 mm), ¿con cuál de los cañones haría mi primer disparo?, evidentemente por el derecho.

Cuando realizamos un estudio de las dispersiones de los perdigones o postas disparados por una escopeta con el fin de determinar la distancia a la que se ha efectuado un disparo, observamos que en dos cañones montados en una misma escopeta con diferentes chokes a una misma distancia tenemos dispersiones diferentes. En estos casos, disparamos sobre un blanco con el mismo tipo de munición por ambos cañones, y vemos como del estudio de la dispersión varía la distancia de disparo si se hubiese efectuado por un cañón u otro; es decir, para conseguir la misma dispersión en el cuerpo de la víctima o en una pared, etc, en un disparo efectuado por el cañón derecho se ha tenido que efectuar a 12 metros por ejemplo, pero si hubiese sido efectuado por el izquierdo el disparo se tendría que haber efectuado a 14m.

#### b) Armas de más de un disparo. Automáticas:

Este sistema se monta en armas del tipo pistolas, subfusiles, fusiles de asalto y ametralladoras.

Estas armas disponen de un cargador recto, curvo, circular o cintas como el caso de las ametralladoras.

La combustión de la pólvora es la que permite la operación de este tipo de armas, es decir, cuando se produce el primer disparo, si seguimos presionando el disparador sin soltarlo, al producirse la detonación del cartucho, la combustión de la pólvora expulsará el proyectil hacia el exterior por dentro del cañón, a la vez que impulsará el casquillo o vaina hacia atrás, desplazando en ese movimiento al cierre o corredera. Este es el momento en el que el casquillo o vaina al topar con el expulsor e ir enganchado por medio de la uña extractora, es expulsado por la ventana de expulsión. Posteriormente, el cierre o corredera volverá hacia adelante por acción de su muelle recuperador, introduciendo un nuevo cartucho en la recámara.

Será la propia arma la que hará que incida el martillo y/o percutor sobre el cartucho alojado en la recámara hasta producir un nuevo disparo, mientras tengamos presionado el disparador. Esta secuencia se irá repitiendo hasta agotar los cartuchos alojados en el cargador o hasta que el tirador deje de accionar sobre el disparador.

Como normal general, este tipo de armas disponen de un selector de tiro con tres posiciones, una, para el tiro automático o ametrallador, otra, para el tiro semiautomático que describiremos a continuación, y una última, para el seguro voluntario.

Se pueden encontrar armas que dentro de este selector añaden una cuarta posición para efectuar disparos en secuencia de tres en tres cada vez que presionamos el disparador. De esta forma se evita consumir todos los cartuchos del cargador sino se dispone de la pericia adecuada.

#### c) Armas de más de un disparo. Semiautomáticas:

Este sistema es de los 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.

Tanto las armas automáticas como semiautomática tienen diferentes sistemas de acerrojamiento, que sirve para evitar la pérdida de los gases que se producen en el disparo, y el adecuado cerramiento de la recámara durante el mismo. A continuación, vamos a ver los distintos sistemas de acerrojamientos con una breve descripción de ellos, y el tipo de armas que los llevan montados, para una mejor comprensión, que se encuentran reflejados en el manual de mecánica de armas [1], elaborado por el Guardia Civil D. Jesús Acosta, del Departamento de Balística de Guardia Civil:

Inercia de Masas (Blowback): Este sistema se puede encontrar en armas de cañones fijos, y se basa, en la resistencia que ejerce la corredera para evitar su apertura, ayudada por su muelle recuperador.

A pesar de que en un principio este tipo de sistema se ideó para calibres con poca potencia entre los que se encuentran como más comunes el .22 Long Rifle o el 9 mm Corto (.380 Auto), existen algunas armas con cierres más grandes y con una potencia muy superior en sus muelles recuperadores que permiten disparar municiones más potentes como el calibre 9 mm. Parabellum (también conocido como 9 mm. Luger) y el 9 mm. Largo (también conocido como 9 mm. Bergmann Bayard).

Por lo tanto, este tipo de sistema se puede encontrar en pistolas y subfusiles de diferentes marcas, en los calibres mencionados.

Cierre Articulado (denominado Borchardt): Sistema diseñado por Hugo Borchardt para pistolas en el año 1983, se basaba en los diseños que Hiram Maxim había desarrollado para las ametralladoras.

Se le conoció también como sistema “de rodilla”, debido a su similitud a esa parte del cuerpo humano, ya que consta de tres piezas articuladas que oponen cierta resistencia frontal, hasta que es forzada a deshacer su alineamiento, cediendo y adoptando una forma de V invertida.

Sistema Browning: Es el sistema más común, y consta de unas “llaves” que varían en su número dependiendo del fabricante y que se practican en el interior de la corredera, por delante de la ventana de expulsión.

Estas “llaves” coinciden con otras tantas que tiene el cañón en su parte superior, y por delante de la corredera, que hacen que encajen perfectamente entre sí.

El cañón dispone de una rampa inclinada por su parte inferior, que lleva acoplada una cadeneta, que permite que quede cautiva al armazón por medio de la palanca de retenida

Este sistema se puede encontrar en innumerables fabricantes de pistolas que había en España, como las conocidas como STAR, entre otras.

Sistema Browning Mejorado: Es el mismo sistema que el Browning puro, pero en lugar de la cadeneta, emplea un macizo o rampa de deslizamiento, para conseguir el mismo efecto.

La ventaja de eliminar la pieza móvil del sistema anterior, es decir la cadeneta, es que evita considerablemente que el arma quede inutilizada por rotura de ésta, hasta que sea reemplazada.

Este tipo de sistema se ha utilizado mucho, entre otras, en pistolas de fabricación belga de la marca FN BROWNING.

Sistema Petter (Browning Petter o Sig-Petter):

Se basa en el sistema Browning Mejorado, quitándole las llaves del cañón y de la corredera, por medio de un rebaje en la cara delantera superior. Es rectangular y encaja perfectamente en la ventana de expulsión, para conseguir un mejor acerrojamiento.

Este sistema se monta en muchas pistolas, entre las que encontramos las de las marcas HK, GLOCK y SIG SAUER.

Hay que destacar que muchas de estas armas se pueden ver en España, ya que las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad de Estado (Guardia Civil y Policía Nacional), disponen de dotación las pistolas de la marca HK, y es fácil ver como muchas policías locales han sustituido el revólver, arma muy común hace unos años en este cuerpo policial, por las pistolas de la marca GLOCK, entre otras.

Sistema de Rampón: Consiste en una pieza con forma de cuña, situada bajo el cañón. En su parte posterior, esta pieza se ensancha, presentando dos resaltes rectangulares a derecha e izquierda, que se alojan en sendos huecos con la misma forma practicados en los lados internos de la corredera. En el momento del disparo, la corredera retrocede con el cañón unido

a ella por medio del rampón y al llegar a un tope, éste es obligado a inclinarse hacia abajo deshaciendo el acerrojamiento.

Este sistema permite aligerar mucho la corredera, propiciando ventanas de expulsión con una gran apertura.

Este sistema apareció con el fabricante WALTHER en sus pistolas del modelo P-38. Posteriormente hay fabricantes de armas que han incluido en algunos de sus modelos de pistolas este sistema, entre ellas, destacamos las marcas BERETTA, TAURUS Y LLAMA, entre otras.

Hay que destacar que la pistola de la marca BERETTA, modelo 92 FS, del calibre 9 mm Parabellum, es de dotación en las Unidades de Seguridad Ciudadana de la Guardia Civil.

Sistema de Rodillos: Consiste en una cabeza de cierre con dos rodillos cilíndricos situados en sus laterales, que asoman al exterior por sendas aberturas. Al acerrojar, los rodillos se alojan en una pieza de bloqueo anterior a la recámara, quedando el portapercutor, que es una pieza con dos flancos inclinados que discurre por medio de los rodillos, presionando a estos. En el disparo, los gases empujan a través de la vaina a la cabeza de cierre, y este esfuerzo, es transmitido a los rodillos que finalmente obligan al portapercutor a retroceder, arrastrando al cierre con los rodillos ocultos en el interior.

Este sistema es utilizado generalmente en armas de gran potencia como ametralladoras y fusiles de asalto, también se ha aplicado a las armas cortas, pero en menor medida.

Entre las armas que utilizan este sistema de acerrojamiento tenemos algunos modelos de las pistolas alemanas de la marca HK y las pistolas checas VZ-52.

Sistema de cañón o cierre rotatorio: Consiste en unas llaves o resaltes helicoidales practicados bien en el cañón o en el cierre, que, ante la presión de los gases, obligan a uno u otro, a realizar un movimiento rotatorio que retrasa la apertura.

Una de las primeras pistolas que utilizó el sistema de cañón rotatorio en un calibre potente con éxito, fue la de la marca STEYR, del año 1911. En la actualidad, la marca italiana BERETTA, la ha adaptado en sus modelos COUGAR 800 y Px4.

Sistema de Toma de Gases: Consiste en uno o varios pequeños taladros situados en el ánima del cañón, cerca de la boca de fuego, por los que sale una pequeña cantidad de los gases que van empujando al proyectil. Esos gases, son conducidos a una cámara o un émbolo que son aprovechados para impulsar a la corredera hacia atrás.

Generalmente este sistema le vamos a encontrar en escopetas semiautomáticas, y en menor medida hay fabricantes de pistolas que también lo han introducido en sus armas, entre ellas están la austriaca STEYR, en su modelo GB, del calibre 9 mm. Parabellum y la israelita DESERT EAGLE, en los calibres .357 Mag., .44 Mag. o .50 Action Express.

#### d) Armas de más de un disparo. De repetición:

Dentro de este tipo de armas tenemos las de sistema de palanca, de sistema de cerrojo y la de sistema de corredera o trombón.

Sistema de Palanca: De las armas con *sistema de palanca*, encontramos las famosas carabinas WINCHESTER, que tanto aparecen en las películas americanas. Este tipo de armas poseen un depósito tubular por debajo del cañón con diferentes capacidades.

Su funcionamiento es muy sencillo, cuando se desee efectuar un disparo hay que bascular la palanca hacia abajo, con este movimiento extraemos un cartucho del depósito, y si volvemos esta palanca hacia su posición inicial y cerramos la recámara, el cartucho es introducido en la misma. De esta forma, únicamente con presionar el disparador se producirá el disparo. Si se quiere volver a disparar únicamente habrá que repetir la operación anterior, teniendo en cuenta que, al bascular la palanca hacia abajo, el casquillo o vaina del cartucho disparado será extraído de la recámara por medio de su uña extractora, siendo expulsado hacia el exterior, al incidir sobre el expulsor.

Sistema de Cerrojo: De las armas con *sistema de cerrojo*, tenemos los mosquetones, rifles o carabinas, en concreto los mosquetones marca MAUSER empleados antiguamente en el ejército español, o las carabinas de dotación que tenían los guardas de campo, y como no, los rifles que actualmente podemos ver en cualquier montería dentro de nuestro territorio nacional. Todas estas armas disponen de un cargador o depósito por debajo del cierre, con diferentes capacidades.

Su funcionamiento es idéntico al descrito en las armas de sistema de palanca, con la única diferencia que el cierre se desliza hacia atrás por el armazón, para permitir la extracción del casquillo o vaina disparada, y hacia adelante, para la introducción de un nuevo cartucho en la recámara.

Sistema de Corredera o Trombón: De las armas con *sistema de corredera o trombón*, tenemos las escopetas de un solo cañón, entre otras, de las marcas MOSSBERG y FRANCHI, del calibre 12. Todas estas armas disponen de un depósito tubular por debajo del cañón, con diferentes capacidades.

Su funcionamiento es idéntico al descrito en las armas de sistema de palanca y de cerrojo, con la única diferencia que el cierre es deslizado hacia atrás, para permitir la extracción de la vaina disparada y, hacia adelante, la introducción de un nuevo cartucho en la recámara, mediante una corredera o trombón que posee en la parte inferior del cañón envolviendo al depósito de munición.

Este tipo de armas, además de ser empleada en el ejercicio cinegético, también la podemos encontrar en los cuerpos policiales, y se emplean en estos últimos generalmente de dotación de Unidades de antidisturbios o control de masas. Ese tipo de arma se emplea en dichas Unidades para el lanzamiento de botes de humo o para el lanzamiento de pelotas de goma.

#### e) Revólveres:

Los revólveres disponen de un tambor o cilindro giratorio con diferentes capacidades. Normalmente suelen alimentarse mediante la basculación lateral del tambor, pero hay casos en los que la alimentación y extracción se realiza por una ventana lateral o incluso en revólveres más antiguos por medio del sistema conocido como “T” que bascula hacia delante el cañón y el tambor a la vez, para permitir la alimentación de los cartuchos y extracción de los casquillos o vainas.

Este tipo de armas funcionan tanto en simple como en doble acción. En el primero de ellos hay que retroceder manualmente el martillo hasta quedar retenido en su parte más atrasada, si queremos disparar deberemos ejercer una presión sobre el disparador en torno a los dos kilos. Sin embargo, si queremos disparar en doble acción, se parte con el martillo en su posición más adelantada, teniendo que ejercer una presión sobre el disparador de unos 5 kilos, ya que con ese movimiento vamos a retroceder el martillo hacia su posición más retrasada llegando a un

punto del recorrido en el que se liberará e incidirá sobre el cartucho o sobre la aguja percutora, produciéndose el disparo.

#### 4. Por su sistema de percusión o ignición:

Este caso veremos cómo las armas han ido evolucionando y variando sus sistemas de percusión.

Se pueden distinguir diferentes tipos de percusión o ignición en las armas de retrocarga, entre las que están, la percusión *central*, las de percusión *anular* y las de *lefaucheux* (también conocidas como *de aguja o espiga*). Hemos incluido en este apartado las de ignición por *chispa o fulminante*, a pesar de ser un sistema de ignición propio de las armas de avancarga, porque dentro de la evolución en los sistemas de percusión o ignición fue el primero en aparecer en el mundo, y en la actualidad se sigue comercializando como hemos mencionado anteriormente en tiro de salón o en tiro deportivo.

En cuanto al sistema de *aguja o lefaucheux*, es de los más antiguos y lo podemos encontrar en armas como escopetas, fusiles y pistolas, es una munición que está prácticamente obsoleta, y que, por lo tanto, es muy difícil su adquisición. Dispone de una aguja o espiga que al ser golpeada por el martillo-percutor del arma se introduce en el cartucho iniciando la ignición de la pólvora.

Por otro lado, tenemos el sistema de percusión *anular*, en este tipo de cartuchos tenemos el fulminante o carga iniciadora en el borde del culote del cartucho, por lo tanto, el arma que dispare este tipo de cartuchos debe incidir sobre ese lado. Como calibres comunes que podemos encontrar con este tipo de percusión están los de la familia del .22 (short, Long, Long Rifle y Magnum) y los de 6 mm Flobert.

Por último, tenemos los cartuchos de percusión *central*, como dice su nombre, el fulminante se encuentra en el centro del culote a diferencia de los de percusión anular. La mayoría de la munición que se emplea en la actualidad tiene este sistema de percusión, tanto en cartuchería metálica como semimetálica, como veremos a continuación. Este tipo de percusión monta dos tipos de fulminante: Berdan (dos oídos) y Boxer (un oído).

#### B) CLASIFICACIÓN DE LA MUNICIÓN:

En el caso de la munición existe una gran variedad debido a que no todas las armas disparan el mismo cartucho evidentemente.

Una definición de cartucho podría ser:

**“Es el conjunto formado por diversos elementos que alimentado en un arma de fuego van a permitir el disparo de uno o más proyectiles”**

Explicaré someramente la diferencia entre munición metálica y munición semimetálica, con que armas se pueden emplear unas y otras, sus características y su composición.

Después hablaremos de la munición detonadora o de fogueo, porque más adelante veremos su importancia en el mercado ilícito en Europa, y en especial, en España.

El funcionamiento de la munición es idéntico en todas ellas, es decir, el percutor o martillo del arma incide sobre el fulminante del cartucho, éste provocará que la pólvora se incendie, y la deflagración de la pólvora impulsará al proyectil o proyectiles hacia el exterior del arma a través de su cañón, y que en el caso de que el cartucho sea disparado en un arma cuyo sistema

de expulsión es automático, el casquillo o vaina retrocedan y sean expulsados.

### 1. Cartuchería metálica:

En primer lugar, tenemos la munición metálica. Este tipo de munición está formada por una serie de componentes comunes, entre ellos están: fulminante, casquillo, pólvora y proyectil.

En la imagen número 2 se puede ver desmontado un cartucho de munición metálica. En ella se aprecian sus componentes: proyectil con su camisa y su núcleo, su vaina o casquillo, su culote, la pólvora y el fulminante.



Este tipo de munición tiene dos claros sistemas de denominación: Anglosajón y Centroeuropeo. En el primero de ellos se denomina el calibre de los cartuchos en pulgadas, en cambio, en el segundo la denominación viene dada en milímetros.

Por eso podemos encontrar municiones que se denominan, en el sistema Anglosajón como: .38 Special, .357 Magnum, .380 Auto, .30-06 Springfield, .308 Winchester, etc.. y en cambio, en el sistema Centroeuropeo veremos que se llaman: 9 mm Parabellum, 9 mm. Corto, 7,65 mm Browning.

Todos los calibres guardan una referencia con dos medidas fundamentales con independencia de cómo se denominen, una, que viene dada por el diámetro del proyectil, coincidente con el ánima del cañón, y otra, dada por la longitud del casquillo, coincidente con la recámara del arma.

Todo esto quiere decir que un cartucho del calibre 9 mm Parabellum (9 x 19 mm), tiene un proyectil del calibre 9 mm y una longitud de su casquillo de 19 mm. Y que un mismo cartucho se puede denominar de las dos formas diferentes pero las medidas son las mismas evidentemente. Como ejemplo tenemos este calibre:

- Anglosajón: 380 Auto (9x17 mm).
- Centroeuropeo: 9 mm Corto (9x17 mm).

Como vemos a medida que nuestro calibre tenga una medida mayor de longitud de la vaina tendremos más cantidad de pólvora, con lo cual se disparará en armas de mayor longitud de cañón, o sea en armas largas, y las velocidades y los alcances serán muchos más mayores.

Por otro lado, en cuanto al comportamiento de la munición, cabe destacar que un mismo cartucho disparado con un arma u otra puede alcanzar velocidades diferentes y, por lo tanto, van a variar sus alcances. Como ejemplo de esto tenemos que un cartucho del calibre 9 mm Parabellum disparado en arma corta (pistola), los proyectiles pueden tener una velocidad media de 350 m/s con un alcance eficaz entorno a los 50 m. En cambio, ese mismo cartucho disparado en un arma larga (carabina o subfusil), va a superar la velocidad de 400 m/s en boca de fuego y va a tener un alcance eficaz sobre los 100 m. Otra diferencia que observamos en este tipo de munición es el tipo de proyectil que montan. Tenemos principalmente tres tipos de proyectiles: blindado, semiblandado y de plomo.

Hay una gran variedad dentro de cada uno de ellos y no es posible hablar de todos ellos, por eso cuando hablemos de las armas que se emplean en España ahondaremos un poco en la munición empleada y en el proyectil que montan.

**2. Cartuchería semimetálica:**

Respecto a la munición semimetálica, está formada por una serie de componentes comunes, entre ellos están: fulminante, vaina metálica y de plástico, pólvora, taco y proyectil o proyectiles.

La denominación viene dada por el siguiente criterio: sobre una libra de plomo se extraen bolas del mismo diámetro del cañón. La cantidad de estas bolas nos dará el calibre del arma. Esto quiere decir que una escopeta del calibre 12, se han podido hacer 12 bolas de plomo de unos 18,5 mm de diámetro que es realmente el calibre interior de ese tipo de armas.

En la imagen número 3 se puede ver desmontado un cartucho de munición semimetálica. En ella se aprecian sus componentes: proyectiles, en este caso perdigones, su vaina de plástico y el casquillo metálico, el taco y la pólvora.



Imagen número 3. Componentes de un cartucho semimetálico.

Otro dato que acompaña a los calibres de escopeta es la longitud de la recámara donde pueden ser disparados como en el caso de la munición metálica, es decir, un cartucho del calibre 12/70 puede ser disparado en una escopeta cuyo cañón tenga un diámetro aproximado de 18,5 mm y su recámara tenga una longitud de 70 mm.

Cabe resaltar que en el caso de que un cartucho con esa medida, es decir, 12/70 se disparase en una escopeta que tenga 65 mm de recámara, provocaría que el cartucho disparado no se abriese completamente pudiendo provocar un mal funcionamiento o incluso la rotura del arma, con las consiguientes consecuencias para el tirador. Por eso hay que tener mucha precaución cuando estudiamos una escopeta en nuestro Departamento que la munición que se va a disparar sea la idónea para hacerlo con ella.

Otro dato que se nos aporta en la parte de plástico de la vaina es el tipo de perdigón que contiene. El tamaño del perdigón va a variar dependiendo del número que tenga impreso y, por lo tanto, nos será útil para determinar el tamaño de perdigón que necesitamos dependiendo del deporte cinegético que vamos a desarrollar, es decir, cuando un cazador este practicando la caza menor utilizará un perdigón pequeño, y en cambio, cuando quiera cazar otro tipo de animal de mayor tamaño, aumentará el tamaño del perdigón según aumente el de éste.

Otros datos que se nos dan en el plástico de la vaina son los gramos del proyectil o los gramos totales de todos los proyectiles que contiene. Si sabemos este dato, teniendo en cuenta la tabla de los fabricantes, en cuanto al diámetro y al peso medio de cada uno de ellos, podemos calcular el tipo de perdigón que es y la cantidad total aproximada de perdigones que contenía originalmente el cartucho.

A groso modo diremos que existen tres grandes clasificaciones dentro de los cartuchos semimetálicos en función de tipo de proyectil que contengan en su interior, y tenemos de bala o proyectil único, de postas y de perdigones. Como hemos dicho están en función del animal que se quiera abatir; no obstante, más adelante volveremos a hablar de ello, ahondaremos un poco más.

### 3. Cartuchería detonadora o de fogueo:

Respecto a la munición detonadora o de fogueo, existen varios calibres. Los más comunes que nos encontramos en nuestro Laboratorio son el calibre 8 mm. Knall y 9 mm. P.A. Knall para pistolas, y calibre 9 mm Knall (.380 Knall), para revólveres.

La función de esta munición es producir un ruido similar al de las armas de fuego real, en algunos casos llevan una bocacha que se adapta en la boca de su cañón y permite acoplar una bengala y que sea lanzada hacia el exterior cuando se dispara un cartucho.

En el caso de los cartuchos para pistola están compuestos por un fulminante, un casquillo, pólvora y un opérculo de plástico que cierra la misma. En cambio, en los cartuchos para revólveres están compuestos por un fulminante, el casquillo y la pólvora, y el propio casquillo cierra en forma de estrella por su punta haciendo las veces de tapar e impedir que se salga la pólvora.

En la imagen número 4 se puede ver seccionado un cartucho detonador. En ella se aprecian sus componentes: el casquillo metálico, opérculo de plástico y la pólvora.



Imagen número 4. Un cartucho detonador seccionado.

Hasta octubre del año 2017 se podían comprar este tipo de armas con el único requisito de demostrar tu mayoría de edad tras la presentación de tu DNI, la tienda que la vendía lo anotaba en un libro interno que no se informatizaba en las Intervenciones de Armas de Guardia Civil, y tampoco se les exigía un control periódico de ellas. Actualmente, hemos conseguido ser escuchados en reuniones con nuestra Intervención Central de Armas y Explosivos la cual a elevado nuestra petición de que este tipo de armas tengan un control tanto de adquisición como de posesión más estricto. A partir de la fecha señalada se ha aprobado la INT/1008/2017, de 3 de julio, por la que se desarrolla el régimen aplicable a las pistolas y revólveres detonadores y a partir de la cual la venta deja de ser libre.

Por lo que hemos pasado de tener que presentar el DNI solamente a poder poseer esta arma tras presentar alguno de los siguientes documentos: Licencia de armas, Coleccionismo, Adiestramiento canino, Espectáculos públicos, Filmaciones cinematográficas y Actividades deportivas.

Veremos más adelante porque solicitábamos con tanto ahínco que se modificase el Reglamento de Armas.

#### 4. PRINCIPALES ARMAS Y DE LA MUNICIONES EMPLEADAS EN ESPAÑA.

##### A) CUERPOS POLICIALES Y EJERCITO:

###### 1. Fuerzas y Cuerpos Policiales:

Las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, poseen de dotación un arma corta, pistola. Actualmente, tanto la Guardia Civil como la Policía Nacional tenemos de dotación la pistola alemana de la marca HK, del calibre 9 mm Parabellum. Además de esta arma, las Unidades de

Guardia Civil en Seguridad Ciudadana poseen las pistolas del mismo calibre, pero en este caso de la marca italiana BERETTA.

En cuanto a la munición empleada la Guardia Civil, ésta monta proyectiles blindados, en cambio en Policía Nacional monta proyectiles semiblandados.

Hemos hecho estudios para qué se nos dote de una munición con el proyectil idóneo para un cuerpo policial, pero actualmente no se ha cambiado. Parte de este estudio hablaremos en la parte de Balística de Efectos y Pruebas Experimentales de la otra conferencia.

Además, de estas armas cortas de dotación, existen otras dependiendo de la especialidad donde se encuentre uno destinado, y de la misión que esté desarrollando. Por ejemplo, en Unidades de Intervención Rápida de ambos cuerpos las armas y las municiones varían dependiendo el medio donde van a ser empleadas. Tenemos personal destinado en misiones de paz en lugares donde hay conflictos que evidentemente llevan de dotación además de su arma corta un arma larga del calibre .223 Rem (5,6 x 45 mm).

Respecto a los otros cuerpos policiales autonómicos tienen de dotación armas de esta misma marca o de otras conocidas y similares como las de la marca WALTHER o GLOCK, del calibre 9 mm Parabellum, y en cuanto al tipo de munición que utilizan puede variar según el presupuesto muchas veces. Por ejemplo, Mossos d'Esquadra tiene una munición que montan un proyectil expansivo conocido como RUAG SeCa, que da muy buenos resultados.

En cuanto a la Policías Locales, es muy amplio el abanico de armas cortas que emplean, antiguamente por motivos económicos utilizaban la mayoría de ellos revólveres del calibre .38 Special (9 x 29 mm) o .357 Magnum (9 x 32 mm). Pero en la actualidad, ya son pocos los Ayuntamientos que dotan de esta arma a sus policías, teniendo la mayoría pistolas de las marcas mencionadas anteriormente.

## 2. Cuerpos Militares (NATO).

Respecto al Ejército de España, están dotados de pistolas y subfusiles del calibre 9 mm Parabellum y fusiles de asalto del calibre .233 Rem (5,56 x 45 mm). Todos los cartuchos que emplea el Ejército como la Guardia Civil montan proyectiles blindados por su carácter militar. En el armamento militar no está permitido el uso de munición con proyectiles semiblandados o expansivos.

Hay que citar que como armamento ligero debe incluirse en este caso los fusiles y las ametralladoras que poseen también del calibre 7,62 x 51 mm, también conocido como .308 Winchester.

## B) PARTICULARES:

### 1. Caza mayor:

Las armas empleadas por los particulares en la caza mayor son muy variables, y van desde rifles de cerrojo, por palanca y semiautomáticos. Evidentemente, las municiones van a variar dependiendo del animal a batir. Por eso no emplearemos calibres de mucha potencia en animales muy pequeños, porque los proyectiles les van a atravesar o destrozar y no van a cumplir su misión correctamente.

La munición que van a emplear va a tener proyectiles semiblandados o expansivos con diferentes forma y calibres. Normalmente, suelen tener forma con punta aguda para permitir la

penetración en el cuerpo y su rápida deformación.

En caza mayor por ejemplo, está prohibido el uso de proyectiles blindados, ya que son de uso militar, en los calibres .308 Winchester (7,62 x 51 mm) y el 7,62 x 39 mm en rifles semiautomáticos, por ser considerados munición de guerra si son utilizados en este tipo de armas.

El hecho de tener armas largas rayadas como las mencionadas anteriormente implica que se estar en posesión de una Licencia de Armas especial, que ha que tener armeros de seguridad en casa y que el coste de las armas suele ser bastante superior a otras que también pueden servir para desarrollar este deporte.

Hay gente que no se puede permitir la posesión de este tipo de armas o que va a una actividad de caza mayor de forma muy ocasional, y dispone de una escopeta. En este caso valen cualquiera, es decir, yuxtapuestas, superpuestas, semiautomáticas, etc, lo que suelen hacer es utilizar esa arma con cartuchería semimetálica cargada con proyectil único o postas, si están permitidas estas últimas en esa Comunidad Autónoma.

Evidentemente, los elementos de puntería no son los mismos y la capacidad de batir a la pieza es menor.

Quiero destacar en este punto que este deporte puede resultar peligroso, y me baso en la casuística que tenemos en el Laboratorio. Hay muchos casos de Homicidios imprudentes o Imprudencias con resultado de muerte, en otros no llega a fallecer, pero si presentan las víctimas heridas bastantes graves.

Estas imprudencias la mayoría de las ocasiones suelen ocurrir porque alguno de los participantes en la actividad no permanece en el lugar que tiene asignado o varía la línea de tiro hacia donde debe dirigir sus disparos, en el caso de que aparezca algún animal.

## 2. Caza menor:

Como dijimos durante el estudio de la munición semimetálica hay una gran variedad de proyectiles que se pueden emplear para la caza menor, tenemos perdigones 10° (esferas de plomo de 1,8 mm de diámetro) que se emplean en pájaros no muy grandes, el de 7° o 8° (2,50 mm y 2,24 mm de diámetro respectivamente) que se emplean para animales de la familia del conejo o liebre, hasta incluso los conocidos en España como 00 (4,5 mm de diámetro) que se emplean en aves como los patos o incluso en animales raposos como zorros o perros salvajes, que está permitida su caza de forma ocasional en un lugar y tiempo concreto, y en todo momento controlado por los organismos de protección de la naturaleza de la Comunidad, para proteger el ecosistema.

En este caso hay veces que ocurren accidentes por no respetar las distancias de seguridad o disparar hacia zonas donde teóricamente están prohibidas, pero suelen ser menos comunes que las que suceden en la caza mayor.

## 3. Tiro olímpico:

En este deporte se utilizan todo tipo de arma, desde avancarga hasta pistolas de calibre idénticos a los de uso policial como calibres pequeños como el .22 Long Rifle (5,56 x 15 mm).

Según las modalidades, las armas pueden tener su empuñadura con una forma ergonómica adaptada al propietario, y el disparador puede estar más sensible que un arma convencional para evitar, entre otros motivos, el cansancio del tirador.

Cuando entran este tipo de armas en nuestro Laboratorio, una de las cuestiones que se nos plantean es precisamente la presión que hay que ejercer en el disparador para efectuar el disparo. Esta presión suele bajar dependiendo del caso incluso a 1000 g de presión o menos.

En este tipo de deporte es muy común el uso de proyectiles de plomo tipo wad-cutter por ser estos totalmente cilíndricos y hacer un agujero redondo perfecto en la diana.

#### 4. Seguridad:

En seguridad tenemos dos tipos destacables, por un lado, los guardas o vigilantes uniformados con permiso para portar y usa armas de fuego, que llevan un revólver, normalmente el calibre .38 Special (9 x 29 mm) con proyectil semiblandado, y por otro lado, escoltas privados que suelen usar pistolas similares a las empleadas por los Cuerpos de Seguridad, por lo que, el tipo de munición va a ser muy variable.

### C) MERCADO ILÍCITO:

#### 1. Armas robadas de uso legal:

Hay muchas ocasiones que se producen robos en pisos o casas particulares donde los ladrones encuentran armas de fuego que pueden o no quedarse con ellas, pero en todo caso lo primero que van a hacer es destruir todos los indicios que tenga esa arma y que le relacione con el robo. Por ello, destruyen el número de identificación del arma con el que nuestra Intervención de Armas la tiene registrada a nombre del propietario.

Cuando entra un arma de este tipo en nuestro Laboratorio, una vez que hemos finalizado los estudios de funcionamiento y antecedentes delictivos, procedemos a restaurar su número.

En el caso de su restauración la Intervención de Armas nos dirá posteriormente el propietario y cuando se produjo la sustracción del arma, por lo que nuestras Unidades de Investigación pueden esclarecer más de un delito.

Hay otras veces que sustraen armas y no se molestan en borrar o destruir el número, con lo que la Unidad que ha procedido a su detención puede tener los datos del propietario desde el principio de la investigación.

También es fácil encontrar armas que han reducido su tamaño para su ocultación, como suele ocurrir con las escopetas que se les recortan los cañones y la culata.

#### 2. Armas sin control policial:

En España hay muchas armas que no se encuentran registradas a nombre de persona alguna, bien porque se fabricaron sin número de identificación o porque han entrado ilegalmente en el país, o que proceden de las guerras, o que fueron sustraídas de la fábrica en el proceso de elaboración de las piezas.

Respecto a la entrada de armas ilegales en el país, tenemos un claro ejemplo de un hecho delictivo que ocurrió en el año 2003 cuando un asesino en serie que le apodaron el “solitario” mató a seis personas e hirió a otras dos con una pistola del calibre 7,62 mm Tokarev, la cual nunca llegó a aparecer. Esta arma la introdujo el acusado cuando regresó a España de una misión militar fuera del territorio español.

### 3. Armas rehabilitadas:

Las armas rehabilitadas son armas que en origen fueron inutilizadas para efectuar cualquier tipo de disparo, mediante el fresado del cañón, taladros en el cañón y recámara, puntos de soldadura en el grano de fogón, etc.

Estas armas una vez pasado el control y de haberles expedido un certificado de inutilización por parte de la Intervención de Armas correspondiente, eran posteriormente rehabilitadas y puestas de nuevo en funcionamiento, por medio de aporte de metal en las zonas destruidas, por ejemplo. La casuística en España de este tipo de armas ha sido enorme, por eso se cambió el proceso de inutilización, entre otros motivos, para que resultara más difícil su rehabilitación. Hay pistolas de la marca GLOCK que han sido intervenidas durante años a lo largo de la geografía española y en varios países extranjeros, y que habían sido sometidas a este proceso.

### 4. Armas artesanales:

La casuística que hemos tenido en el Laboratorio de Guardia Civil con las armas arsenales es muy amplio y variado, desde los conocidos bastón-escopeta, bolígrafos-pistola, hasta armas hechas con tubos con cañerías de fontanero, pistolas con forma de mandos a distancia.

Las municiones que se emplean suelen ser muy variadas desde cartuchos de munición metálica de percusión anular como el calibre .22 Long Rifle (5,56 x 15 mm) hasta cartuchos semimetálicos de percusión central del calibre 12.

### 5. Armas detonadoras transformadas o modificadas:

Como decía en unos párrafos anteriores en los que hablaba de las armas y de las municiones detonadoras, y de su cambio en la legislación, ahora vamos a ver los motivos que nos llevaron a solicitar esos cambios y la repercusión que está teniendo en nuestro país y en Europa.

Las pistolas detonadoras llevan un deflector o tabique en el interior del cañón que impide que se proyecte a través de éste ningún objeto.

En pruebas que hemos realizado en nuestro Laboratorio, cualquier objeto que pongamos en la boca del cañón, aunque tenga ese deflector, va a salir despedido hacia adelante. En la otra parte de mi conferencia veremos los efectos en el cuerpo humano de disparar un arma de esta forma.

Con ello quiero decir que una pistola por si sola incluso sin transformar tiene un alto grado de peligrosidad.

En la década de los noventa entraron en España procedentes de Portugal, miles de armas detonadoras del calibre 8 mm Knall, transformadas al calibre 6,35 mm. Browning (6,35 x 15 mm), también conocido como .25 Auto, provisto de proyectil único, o sea, pasaban de disparar munición detonadora a munición de fuego real.

Las transformaciones consistían en la eliminación del deflector y el acoplamiento de un cañón soldado por dentro al que tenía. Este nuevo cañón, venía recamarado para los cartuchos del calibre 6,35 mm Browning, y tenían su ánima labrada con estrías y campos con unas anchuras irregulares y variaban de su sentido de giro, unos hacia la derecha, y otros hacia la izquierda.

Otras transformaciones que se hicieron y que exigía también conocimiento de tornero era la de los revólveres de calibre 9 mm Knall, que pasaban a disparar cartuchos metálicos del calibre .22 Long Rifle en todas sus recámaras del tambor.

Pero esta circunstancia cambia en España y en muchos países de Europa cuando empiezan a aparecer pistolas detonadoras sobre todo las de fabricación turca del calibre 9 mm P.A. Knall, de las marcas BLOW, ZORAKI y EKOL.

Las modificaciones de estas armas son sumamente sencillas, por medio de un destornillador o una llave de Allen, se puede desenroscar el deflector o tabique y dejar libre el cañón.

Llegados a este punto, no hay que hacer ninguna operación más sobre el arma, ya que el siguiente paso es transformar la munición. Esta transformación no es muy difícil de realizar y consiste en la rotura del opérculo de plástico que tienen los cartuchos, y el acoplamiento, mediante silicona u otro elemento de sujeción, al interior del cartucho. Lógicamente, cuando se produzca el disparo del cartucho el proyectil o proyectiles que contenga en su interior saldrán hacia el exterior libremente, ya que como hemos mencionado anteriormente no dispone de ningún objeto que lo impida.

Los proyectiles que suelen contener en el interior estos cartuchos son muy variados, y van desde un proyectil arsenal de plomo cilíndrico o con forma de esfera, o, uno o varios rodamientos o perdigones de diferentes tamaños, de plomo o de acero.

Lo que quiero hacer ver en esta aclaración es que antes al no ser el control tan estricto de este tipo de armas, podían aparecer en el mercado ilícito muy fácilmente armas que en origen se adquirían de forma sencilla y sin que existiese ningún control, y que no había que ser tornero ni tener ninguna otra especialidad similar, para poder hacer fuego real con un arma de este tipo, con los consiguientes daños o lesiones que se podían ocasionar.

Hace aproximadamente tres o cuatro años, aparecen en España armas de fuego originales que mediante tabiques o deflectores en su interior impedían que se proyectase a través de su cañón ningún tipo de proyectil, y únicamente se podían disparar con los mismos cartuchos, es decir con munición con las mismas dimensiones, pero exentos de proyectiles, y como única carga pólvora como si de cartuchos detonadores se tratarán.

Estas armas se comercializaron con el nombre de Armas de Expansión Acústicas (Expansion Acoustic weapons), ¿por qué este nombre?, muy sencillo, se sabía ya del peligro que existía con las armas detonadoras, y del acoso que se iba a hacer por parte de todos los países de la Unión Europea para impedir su venta libre. Si se querían comercializar debían llamarse de otro nombre.

Este tipo de armas se transformaban de armas de fuego real a armas de expansión acústica en Eslovenia, y se comercializaban por todos los países de Europa, hasta por páginas web en internet.

Guardia Civil advierte de la aparición de este tipo de armas a nuestra Intervención Central de Armas y Explosivos y del peligro que tiene su distribución en el mercado. Son armas que fácilmente se pueden volver a rehabilitar a su calibre original y no hay ningún control administrativo legal en nuestro país

¿Pero cuándo es realmente cuando Europa reacciona?, pues sencillo, recuerdan dos atentados muy seguidos en Francia, en el año 2015, uno en la revista Charlie Hebdo y en un supermercado días después. En uno el primero, dos terroristas irrumpen en la revista y matan a 12 personas con disparos de armas de fuego automáticas, en concreto fusiles de asalto tipo Kalashnikov, del calibre 7,62 x 39 mm, y en el segundo, un terrorista toma ocho rehenes y mata a cuatro de ellos y a un policía, con el mismo tipo de arma.

Cuando los especialistas de Balística de Francia estudian esas armas descubre que son armas de Expansión Acústica que se han vendido de forma libre por su país, y han sido rehabilitadas

para disparar de nuevo su munición original.

Con todo esto quiero que hacer ver el peligro que hay con la circulación sin control de estas armas por nuestro continente.

## AGRADECIMIENTOS.

Fotos de colección de armas del museo de la Dirección General de la Guardia Civil.

## 5. BIBLIOGRAFÍA.

1. ARMES A FEU Anciennes, Grund 1986.
2. MARÍA DEL ROSARIO MARCO RODRÍGUEZ, Catalogo de las Armas de Fuego, 1980.
3. RAMIRO LARRAÑAGA, Síntesis histórica de la Armería Vasca, San Sebastián 1981.
4. J. ACOSTA, MANUAL DE MECÁNICA DE ARMAS, Material de referencia y perfeccionamiento del Departamento de Balística y Trazas Instrumentales de la Guardia Civil.
5. FRANK C. BARNES, Cartridge of the world, Edited by M.L. McPherson 9<sup>th</sup> Edition 2000 .
6. A. MOLINA, La cartuchería de las armas ligeras, Ministerio de Defensa, Madrid, 2011.
7. IAN V. UGG AND JOHN WEEKS, Military Samll Arms of the 20<sup>th</sup> Century, Arms & Armour Press.
8. LANZA, Tratado de Cartuchería, 1978.

# 2

**Procesado  
de la escena  
en casos  
de armas  
de fuego.**

# Procesado de la escena en casos de armas de fuego.

LUIS MIGUEL GÓMEZ LÓPEZ<sup>1</sup>

## 1. LA INSPECCIÓN OCULAR EN SUPUESTOS DE BALÍSTICA.

La inspección ocular, regulada en nuestra Ley de Enjuiciamiento Criminal en los artículos 326 y ss., aunque contemplada de manera tácita en otros capítulos de su articulado[1], prevé para tal diligencia una serie de pautas que, a pesar no figurar de manera específica y estructurada en la norma, se derivan de su lectura, debiendo realizarse "de manera exhaustiva, inmediata, directa y objetiva"[2].

Esta diligencia se desarrolla en el lugar de los hechos, o en otros relacionados con el supuesto de investigación, sobre las personas intervinientes y también sobre los efectos relacionados con el supuesto de investigación. Así, citando a Cervelló y Barberá, "Desde el punto de vista de la investigación penal, el lugar de la comisión del hecho constituye un elemento decisivo para la averiguación de las circunstancias en que se ha cometido el delito y sus posibles autores, sobre todo en los delitos que afectan a bienes jurídicos como la vida, la integridad física..."[3].

En primer lugar, tras la llegada al escenario del "juez instructor o del que haga sus veces"[4], después de la oportuna observación del entorno y localización de los "efectos, instrumentos o pruebas del delito", "los preservará...", adoptando las medidas oportunas durante su recogida y custodia. Como es natural, quien deba procesar el escenario habrá de tomar contacto con los primeros actuantes y otros testigos, si los hubiere, para recabar toda la información relativa a sus observaciones previas y actividades en la escena[5].

En este sentido y siguiendo una secuencia lógica, durante la observación minuciosa del escenario y una vez que se detecten los indicios, se procederá a la fijación de los mismos y, posteriormente, a la recogida para su remisión a los laboratorios, "poniéndolos a disposición de la Autoridad Judicial"[6].

### A) OBSERVACIÓN Y FIJACIÓN DEL ESCENARIO.

El examen del lugar del hecho y la reconstrucción de las trayectorias permiten determinar la distancia aproximada o un abanico de recorridos admisibles para el vuelo de las balas, fuera de los cuales los disparos no pudieron efectuarse. La presencia o ausencia de obstáculos intermedios, así como las dimensiones máximas del recinto simplifícan el acotamiento de los trayectos, así como las ubicaciones de armas y personas implicadas.

De este modo, durante la reconstrucción del hecho, sólo estimaremos aquellas distancias posibles en función de las características del lugar descartando otras circunstancias, características o elementos que, en buena lógica, no hayan podido concurrir o intervenir.

Personado en el escenario el especialista en Balística Forense, para la práctica de la diligencia de inspección ocular, tras una observación general, abordará el estudio minucioso de la escena, valorando su estado y localizando todos aquellos elementos que sean pertinentes para el esclarecimiento de los hechos. Resulta de gran utilidad para facilitar esta tarea perfilar una simple representación gráfica del lugar, siquiera un boceto a mano alzada, con la incorporación esquemática de los elementos afectados y su ubicación espacial.

En determinados supuestos, pueden aplicarse las modernas técnicas de infografía 3D y 4D[7],

1. Profesor de Criminalística en la ENP- Ávila.

las cuales, además de ofrecer una representación gráfica de la escena, facilitan la reconstrucción de los hechos ofreciendo al observador una gran plasticidad situacional, tanto para la ubicación de los elementos en el escenario y la representación de los actores, como para la reproducción de los movimientos y secuencias de intervención de los actuantes.

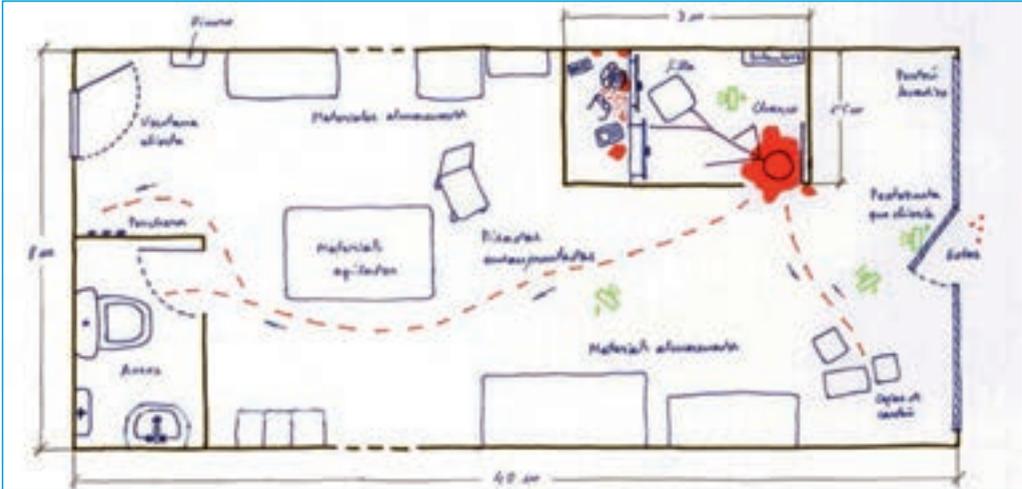


Foto 1. Representación gráfica del escenario (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP).

Detectados todos los indicios relevantes definiremos su acotamiento y fijación por los procedimientos gráficos habituales, con las oportunas referencias métricas y etiquetas identificativas del asunto.

A continuación, nos dispondremos a su recogida, para lo que en los supuestos de inspección ocular que nos ocupan, sobre todo cuando la cantidad de indicios balísticos descubiertos sea numerosa, puede facilitar la ejecución ordenada de las tareas de acopio de los mismos la elaboración de un tablero o plataforma para la organización de los embalajes contenedores (sobres de papel, etc.), debidamente reseñados.

De modo similar, podrá favorecer esta reseña de elementos la inclusión, en esta suerte de "collage", de un pequeño esquema que ilustre sobre los emplazamientos de las muestras en la escena y los lugares de recogida[8].



Foto 2.1: Agrupación de vainas en escenario (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP).



Foto 2.2: Recolección reseñada de elementos balísticos  
(V Curso de Balística Identificativa - DFP/CGPC)

Del mismo modo, es preceptiva la realización de un reportaje fotográfico exhaustivo con tomas de conjunto general, semiconjunto y detalle del lugar y de cuantos elementos puedan aportarnos alguna información para el esclarecimiento de los hechos: ubicación de los tiradores y/o de las armas, desplazamientos de los intervinientes, resultados de los disparos (impactos, salpicaduras, etc.).



Foto 3: Acotamiento del arma con referencia métrica  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



Foto 4: Fotografía de semiconjunto del escenario  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



Foto 5: Víctima -con manos protegidas  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

Una vez concluida la fijación del escenario, procederemos a la recogida, embalaje y remisión de los elementos balísticos (armas, vainas y balas, principalmente) al laboratorio, observando las medidas preceptivas, anotando el estado en que se halle el arma y poniéndola en seguridad, recuperando las evidencias y embalando adecuadamente cada uno de los elementos, debidamente referenciados y por separado[9].

Asimismo, iniciaremos la "cadena de custodia", mediante los procedimientos disponibles, asegurando las evidencias, tan pronto como nos sea posible, preservando los indicios y evitando su contaminación[10].

## 2. LAS DISTANCIAS DE DISPARO.

Establecer la distancia a la que se efectuó un disparo en el escenario, durante los trabajos de campo, es uno de los principales cometidos en esta clase de investigaciones, pues contribuye a ubicar las fuentes del fuego, determinando la presencia de uno o varios tiradores, sus movimientos y/o sus cambios de posición.

Con carácter general, a cada distancia de disparo le corresponden unos efectos distintos sobre el blanco, con particularidades muy diferentes, según participen unas armas u otras (cortas o largas), el tipo de cartuchería (pequeño o grueso calibre), la naturaleza de la superficie impactada (sujeto vivo o blanco inerte), condiciones atmosféricas u otras análogas que pudieran concurrir.

Por otra parte, debemos tener en cuenta, pues diversos ensayos de laboratorio así lo confirman, que frente a varios cartuchos extraídos de una misma caja de munición (idéntico tipo: factoría, fecha de fabricación y estado de conservación) y, por lo tanto, de las mismas características, sus efectos sobre el blanco pueden diferir notablemente, tanto en los disparos realizados a cortas distancias como en las largas. En ello influye, principalmente, que los mismos sean mecanizados con armas cuyos respectivos cañones difieran en longitud (2", 4" o 6", por ejemplo), pues a una magnitud superior de tal pieza le corresponderá un mayor tiempo de retención de la bala en el ánima permitiendo, además, distinto aprovechamiento de las prestaciones del cartucho, según se quemé más o menos pólvora.



**Foto 6:** Fognazo, con arma corta (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP).



Foto 7: Fogonazo , con arma larga (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

Dichas distancias, cortas o largas, dependen de la proximidad o lejanía entre la boca de fuego del arma y la superficie de impacto. Con carácter general, se considera que la distancia es corta cuando no se rebasa el metro y medio (150 cm), aproximadamente, pues hasta esa amplitud podemos hallar restos del disparo en la periferia del orificio de entrada: nitritos, nitratos y partículas metálicas (Pb, Ba, Sb, etc.)

Los términos "bocajarro" y "quemarropa" aluden a distancias muy cortas, e incluso inexistentes. Con carácter general se denomina disparo "a bocajarro"[11] al que se efectúa apoyando la boca de fuego del arma contra la superficie de impacto e incluso, cuando esta sea comprimible, deprimiéndola por debajo de su rasante natural, recibiendo el nombre de disparo "a distancia negativa".

El epíteto "quemarropa"[12] define una mínima separación entre el arma y el blanco, de unos pocos centímetros, que no rebasan el alcance de la llamarada[13] que se aflora al exterior a través de la boca de fuego: aproximadamente hasta unos cuatro centímetros, en disparos con arma corta. Dicha llama produce la retracción de filamentos, presentes en fibras textiles, así como de los pelos.



Foto 8: Disparo "a bocajarro" sobre tela (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



Foto 9: Disparo "a quemarropa" sobre tela (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

Durante la formulación de hipótesis mediante las deducciones que el escenario permita, el examen del blanco y del lugar, así como el estudio de las prestaciones del arma, pueden orientar la investigación en una u otra dirección.

Un análisis exhaustivo del blanco facilita la determinación de las distancias negativas y cortas, siendo el examen del lugar del hecho el principal indicador para la confirmación de las distancias medias y largas. Por otra parte, durante la estimación de largas distancias resulta fundamental la comprobación de las prestaciones del arma[14].



**Foto 10:** Transferencia de residuos a través del tejido (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



**Foto 11:** "Calco" del tejido superficial sobre el inferior (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



**Foto 12:** Disparo a corta distancia (15 cm) (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



**Foto 13:** Disparo a corta distancia (50 cm) (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

### 3. IMPACTOS.

Denominamos impacto, cuando hablamos de armas de fuego, al choque de una bala sobre un cuerpo o material, tanto con penetración (orificio de entrada) como con perforación (orificios de entrada y de salida).

“En primer lugar hay que determinar en la escena la posición de los objetos relevantes (blancos impactados) y, a continuación, emplazar los orificios de los impactos en ellos, lo que puede hacerse de diferentes maneras, toda vez que se disponga del instrumental adecuado para

determinar su ubicación espacial. Algunas tecnologías que manejan sensores electrónicos, mediante cálculos algorítmicos permiten transferir los datos a ciertas aplicaciones 3D, mediante una serie de sensores con diferentes grados de resolución: Kinet scan (baja resolución) y David system (alta resolución)”[15].

Una vez localizado el impacto, durante el examen de la escena, debemos proceder, secuencialmente, observando unas elementales pautas de intervención. En primer lugar, descubierta la señal producida por la bala, acotaremos su zona de emplazamiento mediante el trazado de un perímetro con tiza/cera, adosando testigos métricos y etiquetas adhesivas para el registro del asunto. A continuación, proseguiremos con la fijación o estabilización espacial, detallando la descripción de cada indicio y obteniendo las correspondientes mediciones, tanto de los ángulos de incidencia (inclinación y deriva) como de la profundidad y/o recorrido[16].



**INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y ACOTAMIENTO**

Foto 14: Instrumental para reconstrucción de trayectorias (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

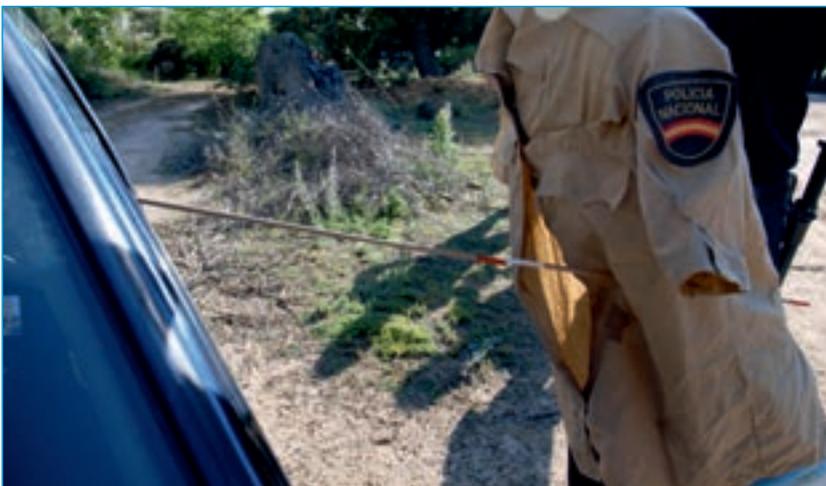


Foto 15: Reconstrucción de trayectoria (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

Finalmente nos dispondremos a extraer la bala mediante obtención, en bruto, de una porción suficiente del material impactado que garantice el traslado de la muestra indemne al laboratorio. Una vez en las instalaciones adecuadas y con el utillaje preciso, utilizando técnicas de "decapado", obtendremos el proyectil sin que presente otra mella que las atribuibles al arma y al choque.

**A) LOS IMPACTOS TANGENCIALES.**

Comúnmente se los denomina rebotes, en los que se evidencia un cambio de trayectoria, que ofrecen el aspecto de fricciones, surcos o roces sobre la superficie de impacto, con una primera zona de contacto aguda y un extremo de escape más irregular. Esta clase de traza o efecto sobre el blanco se produce cuando el ángulo formado por la línea de trayectoria y el plano de impacto no son perpendiculares, de tal manera que, cuanto menor sea el ángulo de impacto mayor será la posibilidad de rebote y desvío, con el consiguiente cambio en la trayectoria[17].

La marca que producen las balas, más acusada cuando el blanco afectado sea un material comprimible, presentará unas estrías de rozamiento en la primera zona de contacto, unos cercos de presión, generalmente arqueados, a lo largo de su recorrido por la superficie y, en ocasiones, un estriado de salida al cese de tal contacto, mientras se modifica la trayectoria. En estas últimas, principalmente, podemos recuperar, en ocasiones, partículas o fragmentos de la bala incrustados.



Fotos 16, 17 y 18: Impacto tangencial (rebote), sobre madera y entrada tangencial sobre piel (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

En casos de máxima tangencialidad la lesión presenta ambos extremos regulares e isomorfos, e incluso puede resultar casi imperceptible. No obstante y por las mismas razones que afectan a la formación de los cercos de limpieza, cuando el impacto es perpendicular, el sentido de la trayectoria en los impactos tangenciales se puede determinar por la mayor transferencia de suciedad en uno de sus extremos, pues la primera zona de contacto de la bala con el soporte presentará mayor suciedad o tinción.



Foto 19: Impacto en máxima tangencialidad, con extremos isomorfos y fricción distintiva (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

#### 4. LOS ORIFICIOS DE ENTRADA Y SALIDA.

Denominamos orificio de entrada, en los impactos perpendiculares, a la primera zona de contacto de la bala con el cuerpo o material impactado. Con carácter general, suele ser de menor diámetro y más regular que el orificio de salida. Cuando el impacto se produce sobre la piel, los bordes del orificio de entrada ofrecen el aspecto de un anillo oscuro y amoratado, mientras que sobre superficies inertes es monocromo, recibiendo el nombre de "cerco de limpieza". Esta suerte de "corona circular", visible sobre blancos inertes, se genera por la transferencia rotacional de la suciedad de la bala unida a la fricción durante su penetración en el material.

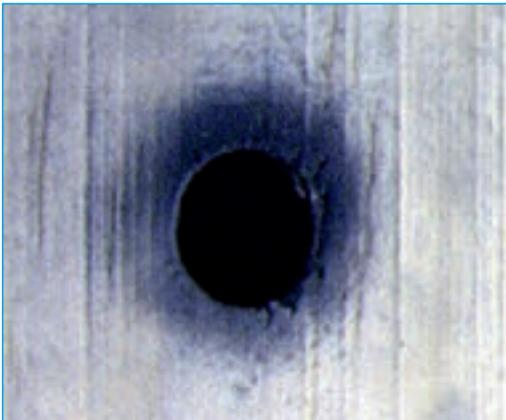


Foto 20: Orificio de entrada -impacto perpendicular- (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



Foto 21: Orificio de salida -impacto perpendicular- (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

Sobre la piel, además, los orificios de entrada muestran arrastre de restos desde el exterior hacia el interior, excepto en los disparos "a bocajarro" y algunos disparos "a quemarropa" en los que, además, puede haberlos hacia afuera, conforme al principio de "acción-reacción, el empuje de los gases, etc".

En ambos casos, dichas señales presentan un depósito de residuos del disparo en su periferia, así como arrastre de fibras cuando hay textiles afectados.

Por lo que respecta a los orificios de salida, además de señalar que acostumbran a ser de mayor tamaño que los orificios de entrada y más irregulares, debemos reseñar que, en la

mayoría de los casos, exponen un "deflecamiento" en sus bordes hacia el exterior, ofreciendo al observador un cráter bastante irregular, con proyecciones de fibras y tejidos desde el interior hacia el exterior.



**Foto 22:** Orificio de entrada, en piel  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



**Foto 23:** Orificio de entrada, en piel  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



**Foto 24:** Orificio de entrada: alta velocidad  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



**Foto 25:** Orificio de salida: alta velocidad  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



**Foto 26:** Efecto del disparo: estallido  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

## 5. EL ESTABLECIMIENTO DE LAS TRAYECTORIAS.

Únicamente podremos establecer la trayectoria de una bala con plena fiabilidad cuando el blanco sea fijo, suficientemente blando[18] para no producir desvíos considerables y exista un mínimo número de puntos de referencia, como los orificios de entrada, de salida, perforaciones, penetraciones, etc. En general, cuanto mayor dureza presente la superficie de impacto más considerable será el desvío, en los casos en que se produzca.

La dirección de la trayectoria se puede determinar si disponemos de alguno de los siguientes elementos: un impacto intermedio y otro final, dos impactos intermedios, un impacto intermedio (o final) con trayecto propio suficiente, o bien mediante la descripción de su morfología, medición de sus proporciones (diámetro y profundidad) y cálculo/valoración de su angulación en los impactos intermedios y tangenciales[19].

El sentido se establece mediante el estudio del impacto final, del extremo terminal del recorrido, de los orificios de entrada y salida o de la forma de la lesión en los impactos intermedios y tangenciales.

Para el cálculo de los ángulos de inclinación y deriva de cada impacto se emplean agujas, varillas, cuerdas o un haz de luz láser, que facilitan su medición angular. Denominamos ángulo de inclinación al que se forma entre la línea de trayectoria y el plano horizontal, siendo el ángulo de deriva el formado entre dicha línea de trayectoria y el plano vertical.

Otras consideraciones como el agrupamiento de impactos y sus trayectorias, pueden indicar el número de procedencias del fuego. Asimismo, la convergencia de trayectorias de origen común nos aporta la distancia a la que se efectuaron los disparos y la altura u origen de la fuente de los mismos, permitiendo ubicar al tirador.



Foto 27: Trayectorias sobre maniquí vestido, con varillas  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

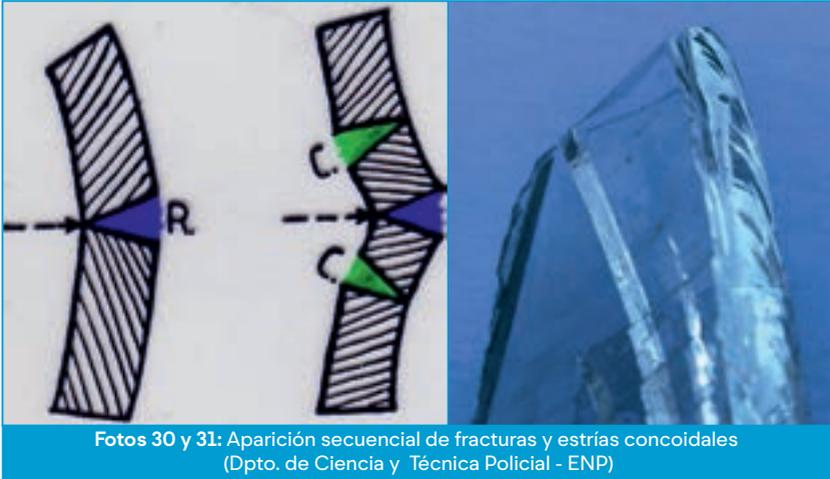


Foto 28: Trayectorias sobre dos superficies intermedias, con cuerdas (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

La determinación de la trayectoria a través del estudio de los vidrios interesados por perforaciones balísticas corresponde al ámbito de estudio de las "trazas instrumentales" y se materializa mediante el estudio microscópico de las marcas generadas durante su fractura. Cuando la fractura se produce por el impacto de un objeto propulsado a gran velocidad se originan, de forma secuencial, dos clases de fracturas: radiales y concéntricas. Las fracturas radiales se extienden desde el punto de impacto hacia la periferia, a modo de radios y las fracturas concéntricas, que surgen como consecuencia de la aparición de las radiales, se distribuyen mediante una fragmentación periférica, formando ondas o anillos, desde el epicentro del impacto. En el interior de ambas, como respuesta a esa "acción-reacción" se generan unas marcas conocidas como estrías concoidales[20], cuya disposición nos informa sobre la dirección y el sentido de la fuerza de empuje, mostrando convexidad o concavidad hacia la cara impactada.



Foto 29: Distribución de fracturas radiales y concéntricas (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



Fotos 30 y 31: Aparición secuencial de fracturas y estrías concoidales (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

## 6. LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE DISPAROS.

La cantidad de disparos realizados es un punto de la investigación espinoso, pues no siempre resulta posible su determinación.

Ordinariamente, podremos averiguar el número total de disparos cuando los hechos se produzcan en lugares cerrados, pero no siempre[21], puesto que quizá el tirador se preocupe por recuperar las vainas expulsadas por el arma (caso del asesino de la baraja)[22], algún herido abandone el escenario con una bala alojada en su cuerpo o el autor de los disparos utilice un arma que no expulse vainas (revólver).

Sin embargo, el número mínimo sí podrá serlo tanto en lugar abierto, como en lugares cerrados, toda vez que existan suficientes elementos de referencia, correspondiéndose aquél con el número mayor de "elementos base" comunes, tales como las vainas, balas, impactos y trayectorias[23].



Foto 32: Agrupamiento de trayectorias = número de orígenes de disparo (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

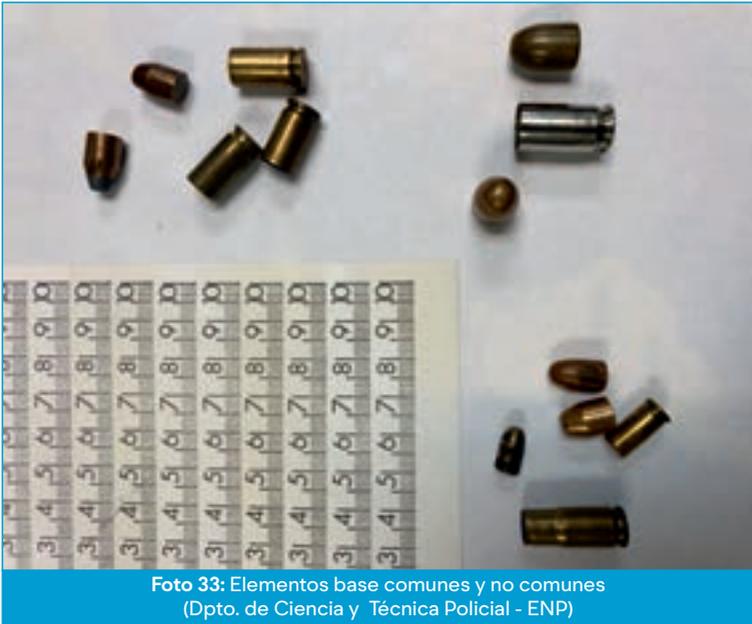


Foto 33: Elementos base comunes y no comunes  
(Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

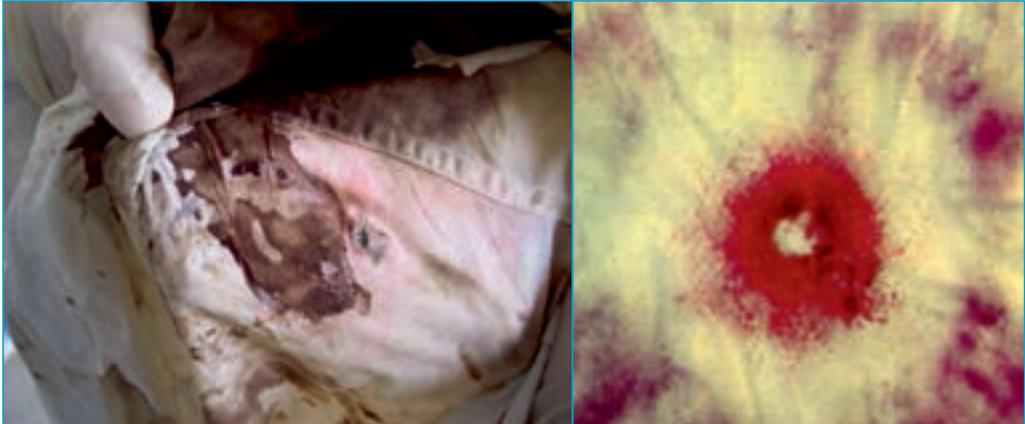
## 7. LA DETECCIÓN DE RESIDUOS DE DISPARO.

A menudo, la detección de los residuos de un disparo se manifiesta, durante la inspección macroscópica de prendas y objetos, en el mismo escenario, aunque en ocasiones pueda resultar imperceptible. En primer lugar debemos averiguar el número de participantes en los hechos o de personas presentes en el lugar: autores, víctimas y testigos.

Existen diferentes métodos o pruebas, de laboratorio, para la detección de dichos residuos, algunas de ellas ya en desuso, al menos en nuestro país, tales como la prueba de la difenilamina sulfúrica, tras la obtención de la muestra mediante vertido, sobre la zona problema, de parafina fundida[24]. En la actualidad, el método y la rutina de trabajo aconsejan realizar alguna prueba orientativa, previa a las pruebas de confirmación, para lo cual se deben tomar muestras de todas las personas que puedan haber tenido alguna relación o contacto con el escenario o con los intervinientes en los hechos. La toma de muestras se lleva a cabo mediante el empleo de un "kit" para la obtención de restos de disparo que contiene, además de las necesarias instrucciones de uso, un sencillo formulario para recabar los datos relativos al supuesto de investigación (filiación de la persona examinada, zona de exploración, trabajo habitual, etc.), un par de recipientes cilíndricos de plástico, cuyo sistema de cierre es un tapón al que va anclado un pequeño tampón de metal, de base circular, grafitada y adhesiva, con el que se debe presionar un mínimo de 50 veces sobre la zona-problema seleccionada, generalmente la "tabaquera anatómica" de la mano, si bien puede obtenerse la muestra de otras zonas del cuerpo e, incluso, de prendas de vestir.

Entre las diferentes técnicas para la detección de restos de disparo se encuentran el test del rodizonato sódico y el SEM-EDAX, ninguna de las cuales se desarrolla en el escenario pues, por motivos obvios, precisan de unas instalaciones, tecnología y capacitación que requieren el ámbito de un laboratorio y exigen la intervención de un experto en Química para su interpretación y valoración de los resultados.

El test del rodizonato sódico tiñe las partículas invisibles de plomo de color violáceo-morado. Su respuesta positiva sólo es orientativa de la presencia de plomo, pero no de disparo, aunque su distribución radioperiférica pueda apuntar en este sentido. Sin embargo, la técnica del SEM-EDAX, confirma la detección, sobre la muestra-problema, de un concurso entre el plomo, el bario y el antimonio, metales poco abundantes en la corteza terrestre y que, fundidos configurando una molécula, aproximadamente esférica, ofrecen al analista la certeza sobre su procedencia balística.



Fotos 34 y 35: Test del rodizonato sódico (orientativa) Distribución de restos en disparos  
(V Curso de Balística Forense-DFP/CGPC)



Fotos 36 y 37: SEM-EDAX (de confirmación) Distribución de restos en disparos con pistola  
(V Curso de Balística Forense-DFP/CGPC)

Otro procedimiento de laboratorio que también se utiliza para la detección de restos de disparo es la Espectroscopía Raman, basada en una técnica fotónica de alta resolución que proporciona información química y estructural de cualquier clase de muestra orgánica e inorgánica.

No obstante, desde hace algunos años y, por el momento, a modo experimental, la CGPC del CNP está colaborando con la empresa INDRA en el diseño y "testeo" del nuevo dispositivo "iForenlibs". Se trata de un equipo de análisis químico portátil que por su versatilidad permite su utilización tanto en la escena como en los laboratorios. El fundamento de su técnica analítica se basa en la espectrometría de emisión atómica[25] que permite al usuario no solo detectar los

restos de disparo, durante la inspección ocular, sino establecer la concentración de residuos, tanto en personas como en objetos, estimar la distancia de disparo, identificar los impactos intermedios, etc.

## 8. EXAMEN DE LAS PRESTACIONES DEL ARMA.

Los estudios sobre los alcances máximo y eficaz, poder de penetración y de parada (STP), así como la capacidad lesiva de armas y cartuchería nos permiten dilucidar, a través de los efectos que muestran las superficies impactadas, tanto las circunstancias como los mecanismos concurrentes, a través de la comparación de los resultados que arrojen las pruebas de campo y de laboratorio, mediante su cotejo con los disparos-problema.



Foto 38: Perforación sobre gelatina balística de una bala del Ø 5.7 mm (pistola FN Five Seven) (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

## 9. CONSIDERACIONES GENERALES.

La realización de las pruebas y ensayos ha de ser tan exhaustiva como nos sea posible para que reproduzca, de la manera más fiel, las mismas circunstancias y características que se dieron en los supuestos de estudio. Siempre deben llevarse a cabo con el arma cuestionada y con los cartuchos ocupados en ella y, si no fuera posible, con otros de similares características (idéntico fabricante, año y estado de conservación); sobre el mismo blanco que los disparos dubitados o, en su defecto, sobre superficies de naturaleza similar. Las verificaciones se llevarán a cabo mediante disparos a diferentes distancias, cuando se trate de establecer la separación entre arma y blanco, a través del estudio de la dispersión o concentración de los restos y la distribución del tatuaje o del espectro de dispersión, determinando así proximidad o lejanía[26].

Cuando los disparos se hayan realizado con armas que utilicen cartuchería de proyectil múltiple, además de la distribución habitual de los proyectiles y demás restos (nitratos, nitritos, partículas metálicas, etc.) debemos tener muy en cuenta la intervención de otros elementos, propios de este tipo de cartuchería semimetálica, como el taco y el opérculo de cierre. Su presencia nos ofrece una valiosa aportación tanto para la estimación de la distancia como para la explicación de otros fenómenos, e incluso para aclarar algunos efectos "paradójicos" que, eventualmente, pueden producirse. Como ejemplo de ello tendremos en cuenta la configuración del taco (concentrador o dispersor), o bien el posible emplazamiento de un "choke" en boca de fuego.

Por lo que respecta a la recuperación de elementos balísticos en la escena, las vainas no ofrecen gran dificultad, siempre que se manipulen conforme a unas elementales reglas de mínima intervención física, evitando su contacto con elementos metálicos y manipulándolas a través de su base y boca. Sin embargo, las balas embutidas sobre cualquier superficie deben obtenerse junto con parte de la estructura material impactada, remitiéndolas en bloque al laboratorio, lo que conferirá protección al conjunto. Una vez allí y mediante operaciones de "decapado" obtendremos dichos elementos sin otra marca o señal que las propias ocasionadas por el arma y el impacto.

Asimismo, para la recuperación de los elementos balísticos, durante el examen médico-legal del cadáver, conviene extremar la precaución en el proceso de extracción, sobre todo cuando la bala haya impactado sobre masa ósea. En estos casos, el médico forense valorará la procedencia de extraerla junto con el hueso en que se encuentre alojada[27].



Foto 39.: Proyecto múltiple: dispersión a 10 m (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)



Foto 40.: Proyecto múltiple: concentración a 5 m + lesión del taco (Dpto. de Ciencia y Técnica Policial - ENP)

Los disparos producidos mediante armas que emplean cartuchos de proyección, de fogeo y similares, a pesar de no hallarse armados con bala, pueden producir, según los casos, similares efectos y resultados que los efectuados con cartuchería convencional.

## 10. BIBLIOGRAFÍA.

1. LEY DE ENJUICIAMIENTO CRIMINAL. arts. 282 a 298; La policía judicial; Real Decreto de 14 de septiembre de 1882 aprobatorio de la Ley de Enjuiciamiento Criminal; Gaceta del 17 de septiembre de 1882; texto vigente desde el 6 de diciembre de 2015.
2. ANTÓN BARBERÁ, F.; De Luis Turégano, J.V.; Policía Científica (vol. II), pág. 842; Tirant lo Blanch. Valencia 2012.
3. CERVELLÓ DONDERIS, V.; ANTÓN BARBERÁ, F.; Estudios sobre ciencias de la seguridad. Policía y seguridad en el estado de derecho; Valencia; Tirant lo Blanch: tratados; pág. 109; Valencia 2012.
4. LECr. art. 326; La inspección ocular. Real Decreto de 14 de septiembre de 1882 aprobatorio de la Ley de Enjuiciamiento Criminal; Gaceta del 17 de septiembre de 1882; texto vigente desde el 6 de diciembre de 2015.
5. LOTHIDGE, K. & FITZPATRICK, F.; Crime Scene Investigation, A Guide for Law Enforcement. National Forensic Science Technology Center. Largo (FL) USA 2013.
6. CHICHARRO ARDERIUS, G.; CARNALIO MARTÍNEZ, L.; GÓMEZ MARÍN, J.; GÓMEZ LÓPEZ, L.M.; Policía Científica (CISE), Introducción a la Balística Operativa, pags. 102 y ss.; Salamanca 2003.

7. OTERO SORIANO, J.M. & al.; Manual de buenas prácticas en la escena del crimen, págs. 28 y ss.; Grupo iberoamericano de trabajo en la escena del crimen (GITEC); Instituto Nacional de Ciencias Penales (INACIPE) & Academia Iberoamericana de Criminalística y Estudios Forenses (AICEF); México 2012.
8. OTERO SORIANO, J.M. & al.; Manual de buenas prácticas en la escena del crimen, pág. 45; Grupo iberoamericano de trabajo en la escena del crimen (GITEC); Instituto Nacional de Ciencias Penales (INACIPE) & Academia Iberoamericana de Criminalística y Estudios Forenses (AICEF); México 2012.
9. MAKHAM M.; NABIS (National Ballistics Intelligence Service)-West Midlands Police; Reino Unido 2017.
10. LOTHBRIDGE, K. & FITZPATRICK, F.; Crime Scene Investigation, A Guide for Law Enforcement. National Forensic Science Technology Center. Largo (FL) USA 2013.
11. BARBERÁ, A.; DE LUIS TURÉGANO, J.V.; Policía Científica (vol.II); pág. 1508; Valencia; Tirant Lo Blanch 2012.
12. ÁLVAREZ SAAVEDRA, F.J.; Diccionario de Criminalística, pág. 562; Planeta; Barcelona 2003.
13. MUÑOZ GARRIDO, R.; MUÑIZ FERNÁNDEZ, C.; VICENTE GONZÁLEZ, S; SALVAT PUIG, J.; MARTIN MARTIN, J.; Lecciones de Medicina Legal (vol I), pág. 222; Universidad de Salamanca; Salamanca 2002.
14. CHICHARRO ARDERIUS, G.; CARNALIO MARTÍNEZ, L.; GÓMEZ MARÍN, J.; GÓMEZ LÓPEZ, L.M.; Policía Científica, pág. 104; CISE-Universidad de Salamanca; Salamanca 2003.
15. JAN DUPUIS et al.; Sensores de bajo coste de procesado de la escena; Open Access Sensors 2014; ISSN 1424-8220; www.mdpi.com/journal/sensors
16. NIETO ALONSO, J.; Apuntes de Criminalística (IV edición), pág. 93; Tecnos; Madrid 2014.
17. NIETO ALONSO, J.; Apuntes de Criminalística (IV edición); Madrid: Tecnos 2014.
18. GÓMEZ LÓPEZ, L.M.; MARTÍN GARCÍA, J.; Criminalística II (parte especial) UD 7, pág. 11 de 16; Policía Nacional; División de Formación y Perfeccionamiento- ENP; Ávila 2018/19.
19. NIETO ALONSO, J.; Apuntes de Criminalística (IV edición); Tecnos; Madrid 2014.
20. BARBERÁ, A.; DE LUIS Y TURÉGANO, J.V.; Policía Científica (vol. II); págs.1124 y ss.; Valencia: Tirant Lo blanch 2012.
21. GÓMEZ LÓPEZ, L.M.; CARNALIO MARTÍNEZ, L.; GARCÍA RODRÍGUEZ, C.; HERRERO GARCÍA, F.P.; DEL AMO RODRÍGUEZ, J.M.; Manual del Detective Privado, pág. 124; CISE-Universidad de Salamanca; Salamanca 2004.
22. GÓMEZ LÓPEZ, L.M.; MARTÍN GARCÍA, J.; Criminalística II (parte especial) UD 7, pág. 11/16; Policía Nacional; División de Formación y Perfeccionamiento ENP; Ávila 2018/19.
23. NIETO ALONSO, J.; Apuntes de Criminalística (IV edición), pág. 130; Tecnos; Madrid 2014.
24. BARBERÁ, A.; DE LUIS TURÉGANO, J.V.; Policía Científica (vol II), pág 1521 y ss.; Tirant Lo Blanch. Valencia 2012
25. LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy); Sistemas de seguridad INDRA; Centro de Excelencia de Seguridad. Madrid 2019.
26. BALTHAZARD, V.; Manual de Medicina Legal; pág. 259; Barcelona-Buenos Aires; Salvat editores 1947.
27. SIMPSON, K.; Medicina Forense, pág. 104; Espaxs; Barcelona 1981.

# 3

**Lesiones por  
armas de fuego.  
Patología  
forense y  
cuestiones  
médico forenses.**

# Lesiones por armas de fuego. Patología forense y cuestiones médico forenses.

FRANCISCO ETXEBERRÍA GABILONDO<sup>1</sup>.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El estudio de las lesiones por arma de fuego forma parte de uno de los temas clásicos, constantes y fundamentales en todos los tratados de Medicina Legal a lo largo de su historia. Ello obedece a tres cuestiones básicas:

- Todos los médicos deben conocer sus manifestaciones para su correcta interpretación desde la óptica de la Patología Quirúrgica y de la Patología Forense.
- Su producción exige siempre la investigación judicial por lo que la participación especializada desde la Medicina Legal es imprescindible para la resolución del caso.
- Su incidencia es creciente a lo largo del tiempo y con carácter universal.

Las armas de fuego son responsables de las lesiones contra las personas en el 2'32% de los casos conocidos en España. De modo general se puede decir que en nuestro país se produce un episodio al día en el que se desencadenan lesiones por arma de fuego. A su vez, tienen una incidencia algo inferior al 10% entre los mecanismos de producción de suicidios.

En este tema nos ocupamos del conjunto de lesiones producidas en el organismo como consecuencia del efecto de los elementos que integran el disparo en las armas de fuego, así como de las cuestiones médico-legales que han de resolverse.

Para el debido conocimiento de este tema resulta imprescindible recomendar la bibliografía básica que actualmente podemos concretar en la obra monográfica del Dr. Di Maio que en su traducción al español lleva por título "*Heridas por arma de fuego. Aspectos prácticos sobre las armas de fuego, balística y técnicas forenses*" (Ediciones La Rocca, Buenos Aires, 1999) (ISBN 987-517-021-6) cuyo original en inglés fue publicado bajo el título "*Gunshot Wounds. Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques*" (ISBN 0-8493-8163-0) y en francés "*Blessures par armes à feu. Aspects pratiques des armes à feu de la balistique et des techniques médico-légales*" (ISBN 2-225-82449-5).

En cualquier caso, este tema quedaría incompleto si ignorásemos la abundante bibliografía que en forma de artículos se han publicado tanto desde la perspectiva netamente médico forense como en su importante vertiente de interés criminalístico. De hecho, son muchos los profesionales que deben intervenir en los casos de heridas por arma fuego en atención a la clásica distribución del estudio en sus fases de "balística interior", "balística exterior" y "balística de efectos".

En tal sentido recomendamos por su utilidad práctica los cuatro capítulos que se dedican al tema en el libro "*Manual de Técnica Policial*" (ISBN 84-8002-579-4) de Francisco Antón Barberá y Juan Vicente de Luis y Turégano (Edit. Tirant lo Blanch, Valencia 1998).

Pero si nos atenemos a la bibliografía más específica de interés médico legal y forense, también hay que señalar desde el primer momento que la monografía del Dr. L. Rafael Moreno González que lleva por título "*Balística forense*" (ISBN 968-432-385-9) ha marcado una

1. Profesor Titular de Medicina Legal y Forense Facultad de Medicina / Universidad del País Vasco CONTACTO: paco.etxeberría@ehu.es

influencia notable entre los médicos forenses del ámbito iberoamericano siendo unos de los pocos autores que ha elaborado un Código sobre deontología pericial.

De igual modo, por su valor de actualización hemos de recomendar el extenso capítulo sobre “*Lesiones originadas por armas de fuego*” del Profesor José Delfín Villalaín publicado en el “Manual de Medicina Legal y Forense” (ISBN 84-7879-597-9) de los Médicos Forenses Juan de Dios Casas Sánchez y María Soledad Rodríguez Albarrán (Edit. Colex, 2000), una de las últimas monografías que se han publicado en España<sup>2</sup>.

Tampoco se puede olvidar aquí, el capítulo sobre “Lesiones por arma de fuego” de Juan Antonio Gisbert y María Castellano del libro básico “Medicina legal y toxicología” (ISBN 84-458-0585-1) (Edit. Masson, 1998) que ha tenido sucesivas ediciones y ha marcado la formación de los médicos forenses españoles.

### Páginas web recomendadas:

Journals of Forensic Sciences  
 Página del Dr. Zeno (Países Bajos): heridas por arma de fuego  
 Texto con imágenes  
 Policía científica (España)  
 Bibliografía heridas por arma de fuego

## 2. DEFINICIÓN.

Las lesiones por arma de fuego se definen como el conjunto de alteraciones producidas en el organismo por el efecto de los elementos que integran el disparo en las armas de fuego. Desde el punto de vista médico-quirúrgico, las heridas por arma de fuego se clasifican entre las contusas. En concreto se describen como contusiones simples con solución de continuidad.

Por su parte, las armas de fuego se definen como aquellos instrumentos destinados a lanzar violentamente ciertos proyectiles aprovechando la fuerza expansiva de los gases que se producen en su interior, normalmente por deflagración. Estos proyectiles poseen una gran energía cinética o fuerza remanente por lo que alcanzan largas distancias con gran capacidad de penetración.

Para la comprensión de este tema resulta necesario analizar los siguientes extremos que expondremos sucesivamente:

- Nociones básicas de Balística Forense.
- Elementos que integran el disparo.
- Morfología general de las heridas por arma de fuego.
- Problemas médico legales que se plantean y que se han de resolver.

## 3. BALÍSTICA FORENSE.

En el estudio de la balística forense se han establecido tres partes con arreglo al siguiente criterio:

**A) BALÍSTICA INTERIOR:** es la que se ocupa del estudio de los fenómenos que ocurren en el interior del arma hasta que el proyectil sale por la boca del cañón.

2. Ver Etxeberria en Kirurgia 4 (2003): <http://www.sc.ehu.es/scrwwwws/kirurgia/Kirurgia2003e/Armasfuego.htm>

**B) BALÍSTICA EXTERIOR:** estudia los fenómenos que ocurren al proyectil desde el momento en que sale del arma hasta que alcanza su objetivo.

**C) BALÍSTICA DE EFECTOS:** estudia los daños producidos por el proyectil, tanto en el organismo como en otras estructuras.

Esta última cuestión es la que mayor interés presenta desde el punto de vista del estudio médico-legal que nos ocupa.

Con el fin de distinguir las consecuencias provocadas por las armas de fuego, resulta necesario, en primer lugar, establecer la distinción entre las armas que producen un disparo simple (un solo proyectil) y las que producen un disparo múltiple (varios proyectiles).

CALIBRES DE ESCOPETA CORRESPONDENCIA EN MILIMETROS	
CALIBRE	MILIMETROS
4	23.75
8	21.20
10	19.70
12	18.50
14	17.60
16	16.80
20	15.60
24	14.70
28	14.00

**Tabla 1.** Calibres escopeta.

POSTAS Y PERDIGONES MEDIDAS Y DENOMINACIONES	
NUMERO	CALIBRE (mm)
0000	5.00
000	4.75
00	4.50
0	4.25
1	4.00
2	3.75
3	3.50
4	3.25
5	3.00
6	2.75
7	2.50
8	2.25
9	2.00
10	1.75

**Tabla 2.** Postas medidas y denominaciones.

De hecho, las características de las lesiones ocasionadas sobre el organismo son diferentes y su estudio médico-legal exige un tratamiento, en parte, diferenciado.

Asimismo, las armas se clasifican en cortas y largas conforme a la longitud del cañón en cuyo interior la pared o ánima, puede ser lisa o rayada. Estas últimas, las más frecuentes, favorecen la estabilidad del proyectil durante su trayectoria por la acción giroscópica que les imprimen.

El cartucho es el conjunto sólido que integra a todos los elementos que produce el disparo en un arma portátil de fuego.

Este se compone por la vaina, configurada como un recipiente de alojamiento, que contiene la carga constituida por el elemento explosivo (normalmente la pólvora) y el elemento de proyección (la bala o proyectil). Los cartuchos con capacidad de disparo múltiple (proyectiles que llamamos perdigones o postas, según su diámetro), contienen además el taco, que es el obturador que evita la fuga de gases entre los proyectiles tras la explosión o disparo.

Los elementos que forman el cartucho son: vaina, bala, pólvora o carga de proyección y cápsula iniciadora.

**Vaina:** Recipiente de metal con forma tubular que contiene la carga de proyección.

**Bala:** Es el proyectil que sale impulsado por la boca de fuego, por medio de la carga de proyección.

**Carga de proyección:** Compuesta por un explosivo deflagrante, la pólvora, que produce gran cantidad de gases, impulsando al proyectil.

**Cápsula iniciadora:** Cápsula metálica que contiene el explosivo iniciador (fulminato de mercurio/tetrinóx).

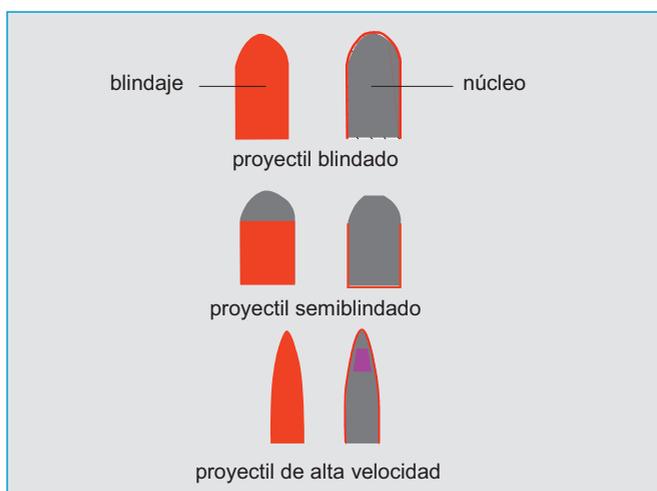
De este modo, el proyectil, responsable de las principales lesiones que se van a producir en el organismo, es la parte del cartucho que abandona la boca de fuego del arma, en el momento del disparo, dirigiéndose al blanco para cederle su energía residual.

Tras la percusión de la cápsula iniciadora, se produce la explosión del fulminante ocasionando una llamarada viva e intensa sobre la carga de proyección (pólvora), que actúa por deflagración o combustión en el espacio cerrado de la vaina empujando el proyectil a través del cañón en una dirección determinada.

En las armas de disparo simple (las más habituales), las paredes del cañón poseen una serie de surcos que proporcionan al proyectil un movimiento de giro sobre su eje. Ello permite que el proyectil conserve su estabilidad a lo largo de todo el recorrido ofreciendo menor resistencia al aire en su desplazamiento desde el mismo momento en que abandona la boca de fuego.

El proyectil se compone de un núcleo o cuerpo, normalmente de plomo, y un revestimiento o blindaje (normalmente de latón o de cobre).

Respecto al tipo de munición que habitualmente se emplea en nuestro medio, cabe señalar que los proyectiles tienen normalmente forma ojival y son de tipo blindado o semiblandado (GRAFICO 1).



**Gráfico 1:** Tipos generales de munición empleados en nuestro medio.

A lo largo de la historia se constata que existe la tendencia a fabricar proyectiles de pequeño calibre que son propulsados a mayores velocidades. De este modo, los proyectiles lanzados por armas cortas alcanzan velocidades de unos 200 a 300 m/s (baja energía cinética); los fusiles hasta los 700 m/s (media energía cinética); y las armas de guerra por encima de los 762 m/s en lo que se denomina "alta energía cinética".

#### ESQUEMA (Dr. Verdú)<sup>3</sup>:

##### ESTRUCTURA GENERAL DE LAS ARMAS DE FUEGO

En todas las armas de fuego pueden distinguirse las siguientes partes:

##### Elementos de sujeción

Están destinados a mantener asida y firme el arma, especialmente en el momento del disparo. Pueden ser de formas muy diferentes: revólver, pistola, fusil, escopeta, subfusil, etc.

##### Mecanismo de disparo

Se trata siempre de un percutor que es accionado mediante un gatillo. Pueden ser simples, semiautomáticas o automáticas.

##### Elemento de proyección

Se trata de un cilindro hueco, denominado cañón. Puede ser único o doble. Además, en función del tipo de arma de que se trate, pueden haber otras partes.

##### Mecanismo de extracción

Se encarga de extraer la vaina percutida.

##### Mecanismo de carga

Se encarga de introducir otra bala o cartucho en la cámara de percusión.

#### ESQUEMA (Dr. Verdú):

##### CLASIFICACIÓN DE LAS ARMAS DE FUEGO

Se pueden clasificar según diferentes criterios

##### 1.- Según la longitud del cañón:

##### Armas cortas

- revólver
- pistola
- pistola ametralladora

##### Armas largas

- carabina
- escopeta
- fusil

La longitud del cañón tiene una gran importancia para determinar el alcance del arma.

##### 2.- Según la carga que proyectan en cada disparo:

Armas de proyectil único o bala.

Armas de proyectil múltiple: metralla, postas, perdigones...

##### 3.- Según la construcción del arma:

Armas típicas: son las construidas como tales por los distintos fabricantes para los diferentes usos.

Armas atípicas: son las modificadas o fabricadas de forma casera: tuberías, de imitación modificadas, de coleccionista, etc.

##### 4. Estudio de los elementos que integran el disparo

Tras el disparo, como consecuencia de la deflagración de la pólvora, se producen los gases de explosión, la llama y el negro de humo, que junto con el proyectil y los granos de pólvora quemados y sin quemar, constituyen lo que se denominan los "elementos del disparo".

3. Catedrático de Medicina Legal y Forense, Universidad de Valencia.

En los disparos de carga múltiple, a los elementos anteriormente citados se añade el taco. En la actualidad es de plástico y tienen forma de copa, lo que evita su combustión como ocurría antaño que provocaba una interferencia en la correcta interpretación de las lesiones por arma de fuego.

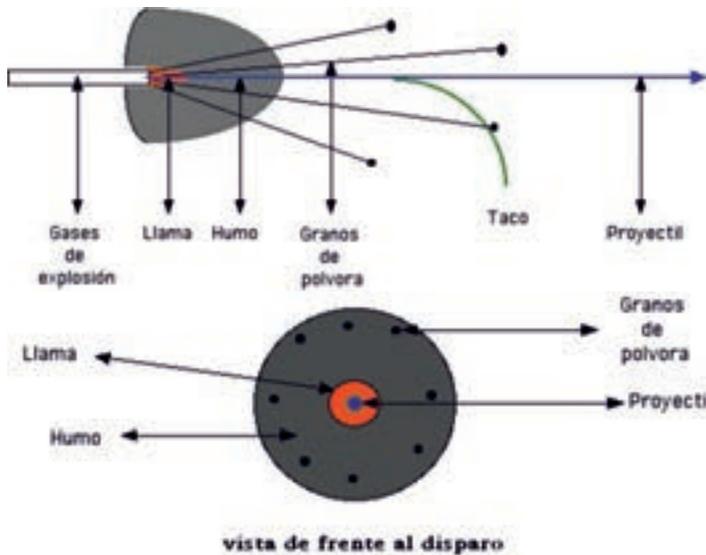
El conjunto de estos elementos ocasionan la herida por arma de fuego que posee una serie de características específicas propias y diferenciadas en el ámbito de la Patología Forense.

**ESQUEMA (Dr. Verdú):**

**ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL DISPARO**

En la munición de las armas de fuego, pueden distinguirse los siguientes elementos: Pólvora, Taco, proyectil. En el momento de producirse el disparo, se producen una serie de cambios, de cuyo estudio pueden obtenerse datos muy útiles.

Así, en la combustión de la pólvora se produce: 1) Gases de explosión; 2) Llama; 3) Granos de pólvora; 4) Negro de humo.



Cada uno de los elementos tiene un alcance diferente, por lo que su estudio será de extraordinario interés para la valoración médico-forense. Asimismo, lo será la distribución de estos elementos en las cercanías de la herida.

**4. MORFOLOGÍA DE LAS HERIDAS POR ARMA DE FUEGO.**

Para su estudio conviene diferenciar:

- El orificio de entrada.
- El trayecto.
- El orificio de salida (si lo hubiere).

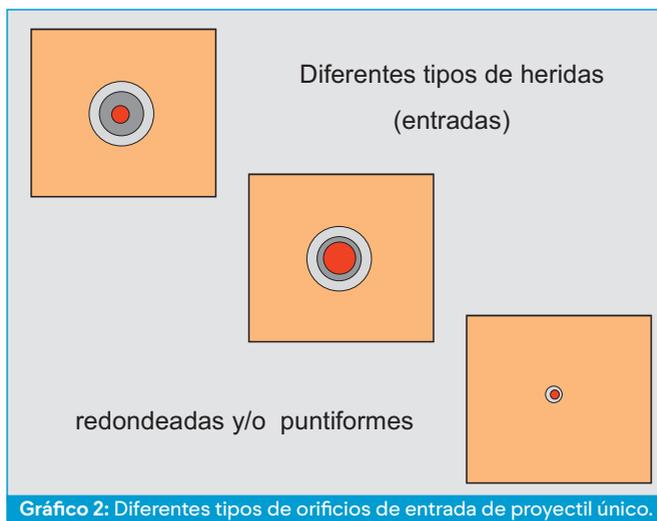
Todo ello con arreglo a las lesiones producidas por un solo proyectil, por múltiples proyectiles o por proyectiles de alta velocidad.

Cuando existe orificio de entrada y trayecto hablamos de heridas penetrantes y si hay orificio de salida, de heridas perforantes.

## A) DISPARO DE PROYECTIL ÚNICO.

## 1. Orificio de entrada.

Normalmente su forma es puntiforme circular u oval, dependiendo del ángulo de choque del proyectil sobre la superficie corporal. Un disparo perpendicular al plano del cuerpo producirá una herida en forma circular (GRAFICO 2).



De otro modo, la herida será discretamente ovalada, a excepción de:

- Que el disparo se produzca en contacto con la superficie corporal, en cuyo caso la herida tiene forma estrellada, de aspecto desgarrado, debido a la acción de los gases desprendidos por la combustión de la pólvora en su inmediata proximidad. Es lo que se denomina “herida en boca de mina de Hofmann”. En su interior la herida aparece ennegrecida por el depósito de negro de humo y por los granos de pólvora incrustados.
- Asimismo, por posible deformación previa del proyectil antes de alcanzar el organismo. Supuesto de rebote y/o del paso del proyectil por otras estructuras, teniendo en cuenta, además, que puede no llegar de punta al plano de la piel y/o haberse fragmentado con lo que provoca heridas irregulares con trayectos erráticos.
- Y como consecuencia de la pérdida de estabilidad del proyectil en el momento del impacto. Circunstancia que ocurre con frecuencia con los proyectiles de alta velocidad cuya forma es alargada.

Naturalmente que la morfología apreciada en sus aspectos macroscópicos difiere, de modo particular, si el análisis se realiza cuando ha comenzado la putrefacción de las partes blandas.

El diámetro del orificio de entrada depende de múltiples factores, siendo cierto que habitualmente es igual o menor que el calibre del proyectil. En efecto, si el proyectil es de punta ojival, puede producir un orificio de menor tamaño que su calibre en forma puntiforme. Además, tras penetrar, se produce una característica retracción de la piel que origina una

disminución del diámetro de la herida de forma típica (GRAFICOS 3 y 4).

Microscópicamente, en las lesiones de entrada (heridas) se distinguen tres espacios (Villalain, 2000) (1):

- Zona central o zona del conducto primario, que corresponde al trayecto primario.
- Zona media o zona de necrosis traumática directa, tejidos alterados por la compresión lateral. Contiene residuos del disparo.
- Zona externa o de disgregación o conmoción celular, debida a las fuerzas laterales. Los capilares están lesionados y hay infiltración hemorrágica.

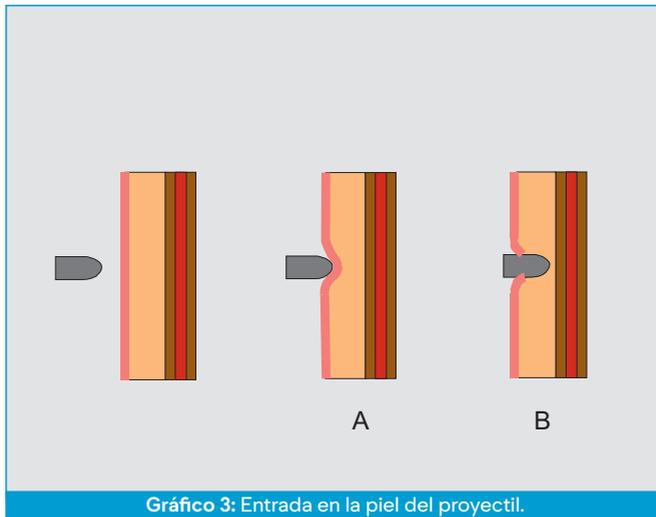


Gráfico 3: Entrada en la piel del proyectil.

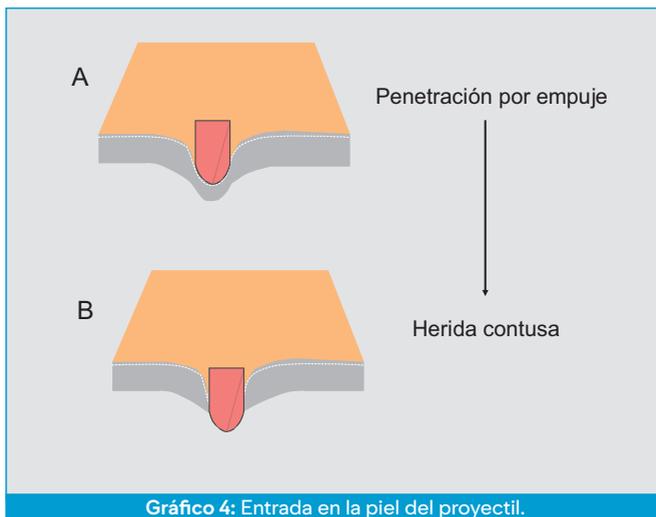


Gráfico 4: Entrada en la piel del proyectil.

La excepción a lo señalado se produce cuando:

- El proyectil posee una gran energía cinética, y ocasionalmente produce una entrada de forma estrellada (proyectiles de alta velocidad que se desestabilizan fácilmente).

- Y si el disparo es en contacto, que produce un desgarró con tamaño superior al calibre del proyectil y se asemeja a las heridas contusas.

Lo fundamental del orificio de entrada es que posee unas características específicas de gran valor identificativo que hay que conocer detalladamente.

Los Profesores Gisbert y Castellano (2) han clasificado estas modificaciones bajo el rótulo general de "tatuaje" que estaría constituido del siguiente modo:

- Cintilla de contusión-erosión.
- Taraceo o tatuaje propiamente dicho.

No obstante, otros autores como el Profesor Emilio Federico Bonnet (3) consideran que el tatuaje estaría constituido solo por la acción de la pólvora. La cuestión tiene su importancia ya que este es uno de los criterios para interpretar los rangos de distancia del disparo. En rigor el tatuaje verdadero no desaparecería por la acción del lavado simple ya que estaría integrado por los efectos de la quemadura y/o por la incrustación de los granos de pólvora. Por otra parte, el tatuaje falso o seudotatuaje, estaría formado tan solo por el ahumamiento que puede desaparecer mediante limpieza.

- Es necesario comprender que la penetración del proyectil se produce por empuje y frotación, es decir que desencadena heridas contusas, con depresión y distensión de la piel hasta que supera y rompe la capacidad de elasticidad del tejido. Esto ocasiona lo que se ha denominado clásicamente como "anillo de Fisch", que se identifica como una transformación o modificación de las características inmediatamente periféricas a la herida propiamente dicha en la superficie de la piel.

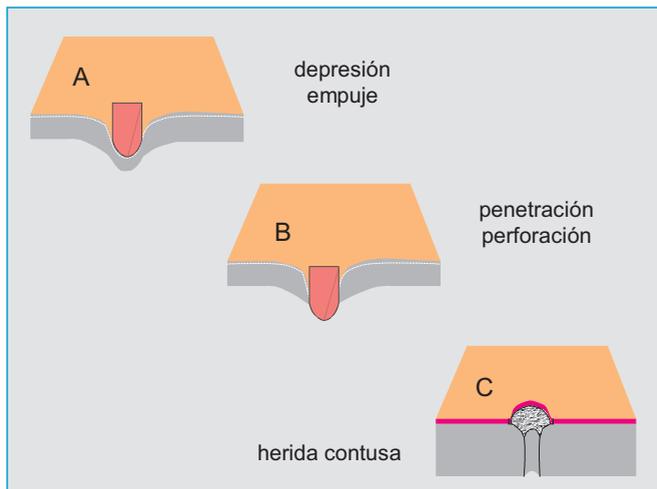


Gráfico 5: Formación de la herida por arma de fuego de proyectil único.

En este "anillo de Fisch" se pueden distinguir dos elementos:

- el collarite contusito-erosivo.
- el collarite de limpieza.

El collarete erosivo, también llamado cintilla de contusión, es el resultado de la excoriación epidérmica inmediatamente contigua alrededor del orificio de entrada (GRAFICO 6). Posee no más de 1 a 5 mm de anchura y es de color rojo brillante y aspecto apergaminado. Esto último resulta ser lo más determinante del orificio de entrada.

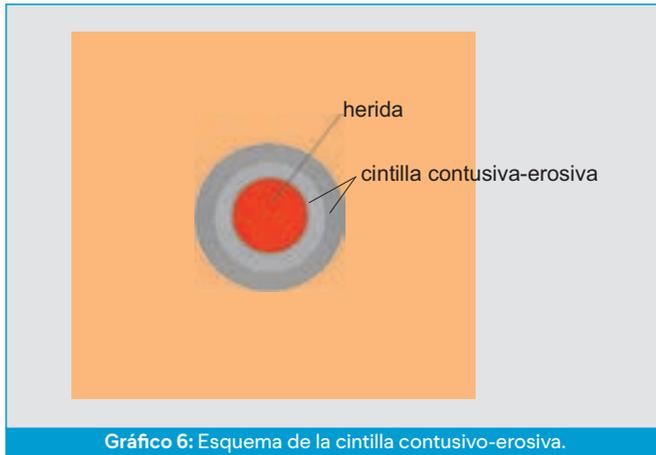


Gráfico 6: Esquema de la cintilla contusivo-erosiva.

Este collarete de contusión puede ser de amplio tamaño cuando el proyectil empuja varias prendas de vestir contra la superficie de la piel.

Con respecto al collarete de limpieza, se sitúa sobre el collarete erosivo y se produce como consecuencia de la limpieza de los residuos de suciedad que transporta el proyectil al penetrar en el plano de la piel.

Todo el conjunto permite determinar la dirección de llegada del proyectil al entrar en contacto con el organismo. Si el anillo de Fisch es circular y concéntrico a la herida, el proyectil habrá llegado perpendicularmente (GRAFICO 7).

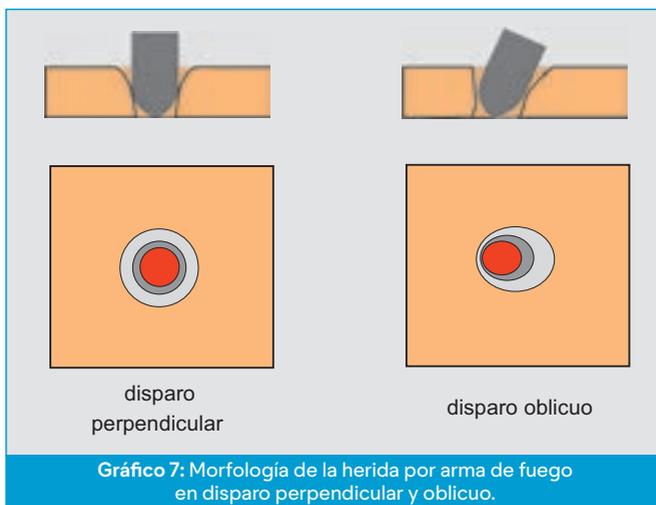


Gráfico 7: Morfología de la herida por arma de fuego en disparo perpendicular y oblicuo.

- b) Por otra parte, en las heridas de entrada, se pueden observar los elementos que identifican el taraceo o tatuaje propiamente dicho, que está determinado por la distancia a la que se efectúa el disparo.

El taraceo se define por la existencia y constatación de pólvora quemada y sin quemar y otros residuos del disparo que se incrustan y se adhieren alrededor del orificio de entrada y que puede incluir los efectos de la propia quemadura.

Estos elementos son:

1. La quemadura, originada por la llama. Se identifica por el aspecto apergaminado de la piel, que adquiere un tono moreno o amarillento y, en su caso, por la existencia de restos de cabellos y pelos quemados. El nivel de quemadura en la piel no supera el segundo grado. Sus efectos se producen a una distancia del disparo de escasos centímetros debido a que en la actualidad se emplean pólvoras piroxiladas que producen poca llama o por los mecanismos que incorporan las armas modernas llamadas “cortafuegos” que poseen unas ranuras y desencadenando un tatuaje de forma de estrella.
2. Residuos de granos de pólvora quemados y no quemados, y otros productos derivados del disparo (GRAFICO 8). Estos restos pueden quedar incrustados en la epidermis e incluso en la dermis, que, junto con los efectos de la llama, denominamos como tatuaje indeleble, es decir que no desaparecerá y será perdurable. Su aspecto es el de heridas de escasa profundidad de color rojo vivo y muy sangrantes.

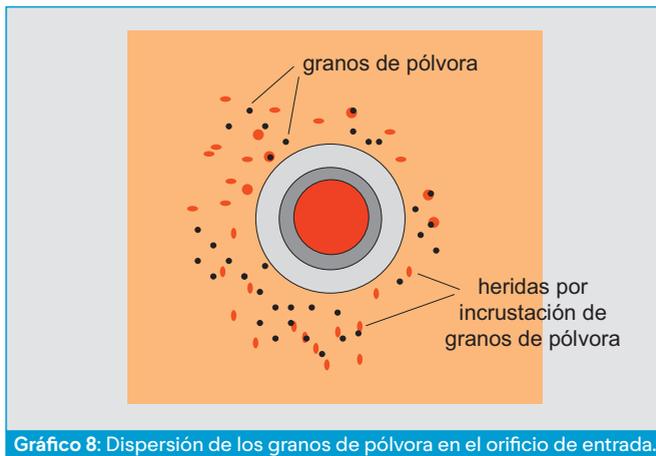


Gráfico 8: Dispersión de los granos de pólvora en el orificio de entrada.

3. Depósito de negro de humo, que ocupa toda la extensión del tatuaje y desaparece tras el lavado y por ello denominamos tatuaje deleble.

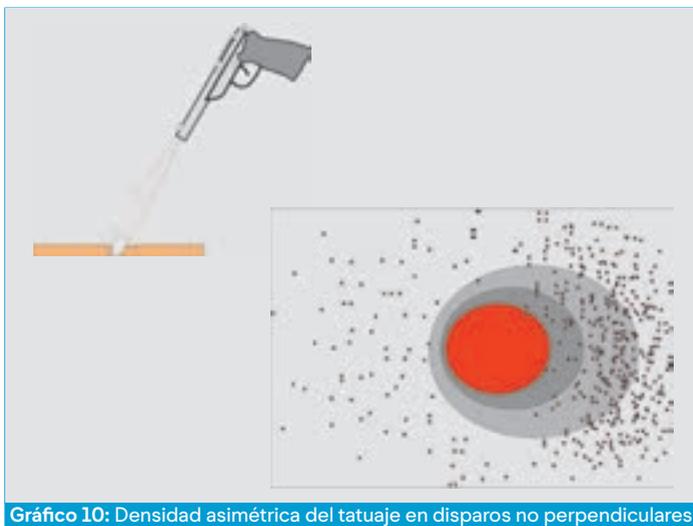
De este modo, recapitulando con respecto al significado del tatuaje, tenemos que:

- a) El anillo de Fisch nos informa de:
  - La realidad del disparo por arma de fuego.
  - La certeza de que es una herida u orificio de entrada.

b) Por su parte, el taraceo o tatuaje verdadero (GRAFICO 9), aporta a la investigación la siguiente información:



- Confirma la realidad del disparo por arma de fuego, que se puede determinar mediante el estudio complementario a través de la analítica de los residuos.
- Orienta sobre la distancia del disparo en rangos de corta distancia.
- Y nos informa de la dirección del disparo, ya que, si el tatuaje es circular, el disparo habrá sido efectuado de forma perpendicular al plano del organismo. A su vez, para impactos oblicuos, la densidad del tatuaje es siempre mayor o más concentrada en el lado desde donde proviene el disparo (GRAFICO 10).



## 2. El trayecto.

La acción lesiva queda condicionada por la onda de choque, la onda de descompresión y el efecto de vibración. Al chocar el proyectil con el blanco e iniciar su trayecto en el organismo, libera gran cantidad de energía cinética en sentido centrífugo a su eje de progresión, dando lugar a una aceleración radial de los ejes atravesados en los tejidos blandos. Se forma así una cavidad o hueco, llamada cavidad temporal, cuyo diámetro es mayor que el diámetro del trayecto definitivo. De forma inmediata, la cavidad temporal cede su espacio y queda configurada como cavidad definitiva o trayecto.

El trayecto del proyectil en el interior del organismo puede ser lineal o bien, se pueden producir desviaciones y migraciones (GRAFICO 11).

Las desviaciones son cambios bruscos de dirección como consecuencia del choque con estructuras duras o de mayor resistencia, como son las esqueléticas.

En algunas ocasiones, las desviaciones se producen porque el proyectil progresa entre los planos del organismo que le ofrecen menor resistencia, así el subcutáneo, con lo que su desplazamiento puede resultar paradójico.

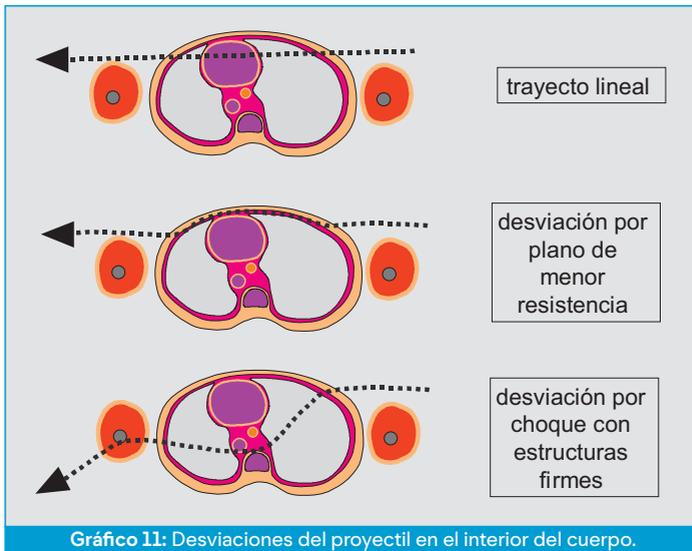
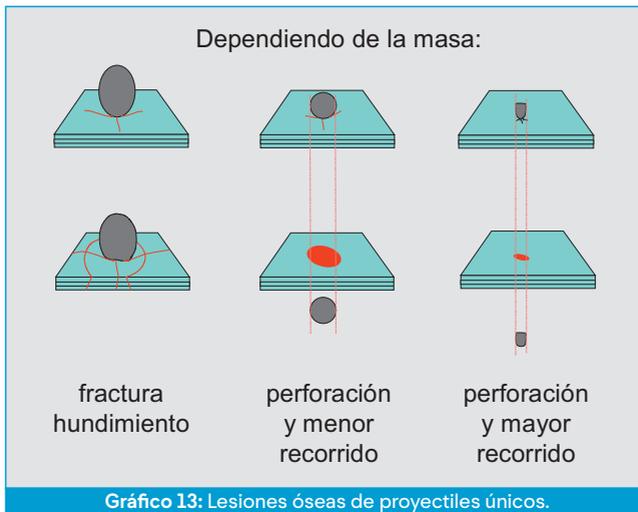
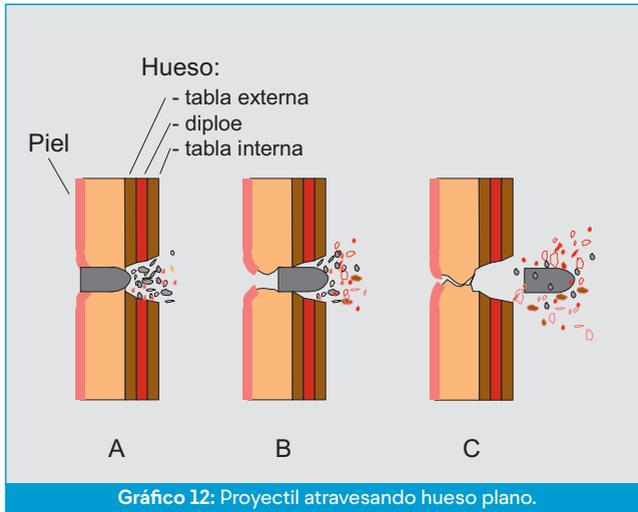


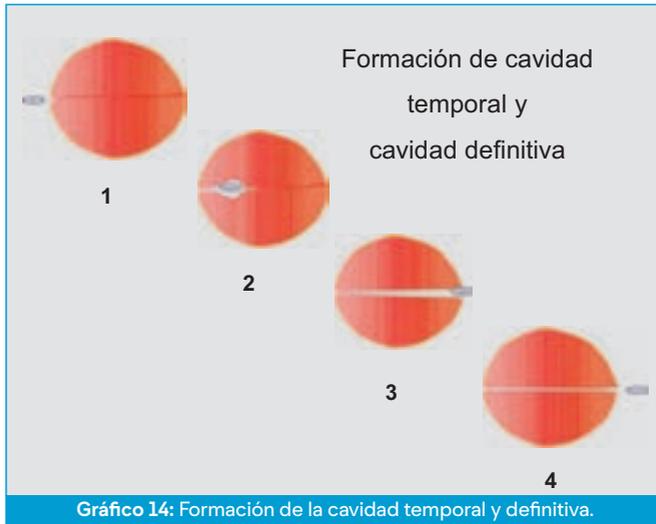
Gráfico 11: Desviaciones del proyectil en el interior del cuerpo.

Las migraciones consisten en el arrastre del proyectil por el torrente sanguíneo como consecuencia de la persistencia del flujo antes del colapso cardíaco por el shock hipovolémico, siempre que sean atrapados en el circuito cardio-circulatorio.

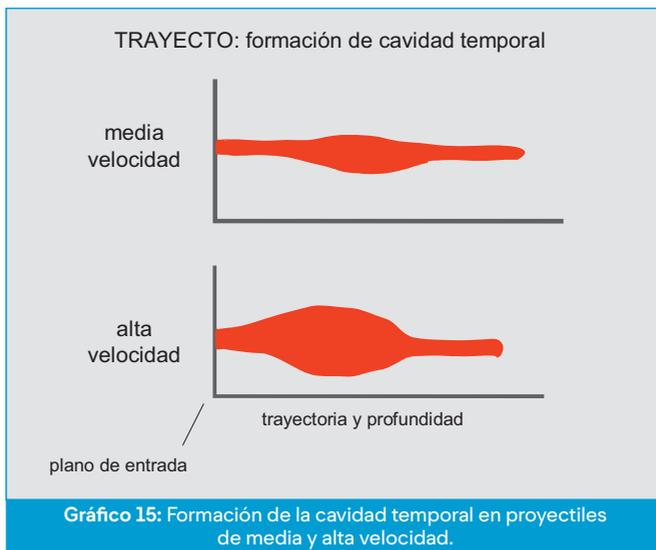
Cuando el proyectil atraviesa una estructura de hueso plano, la onda de choque provoca una característica pérdida de sustancia con forma de cono truncado en la que el diámetro menor corresponde al punto de comienzo de la perforación. De este modo, el orificio producido a la salida del hueso es siempre mayor que el de entrada. Esta circunstancia es de gran valor identificativo en el estudio de la trayectoria tanto en cadáveres frescos y más aún en casos de putrefacción avanzada o cuando se analizan restos esqueléticos.

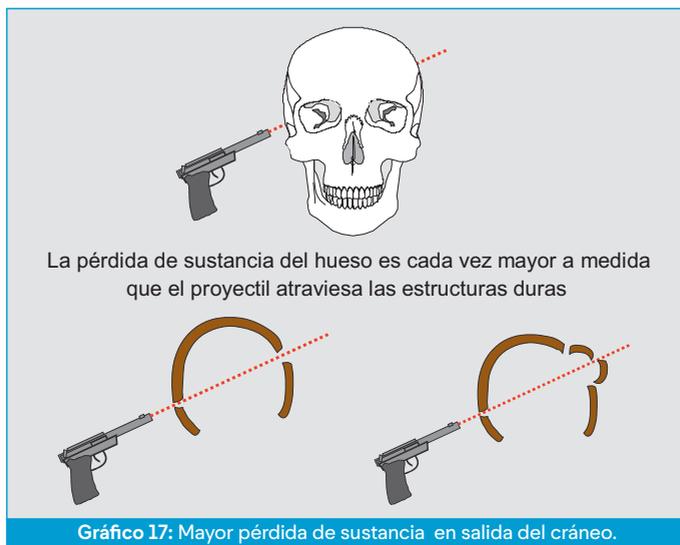
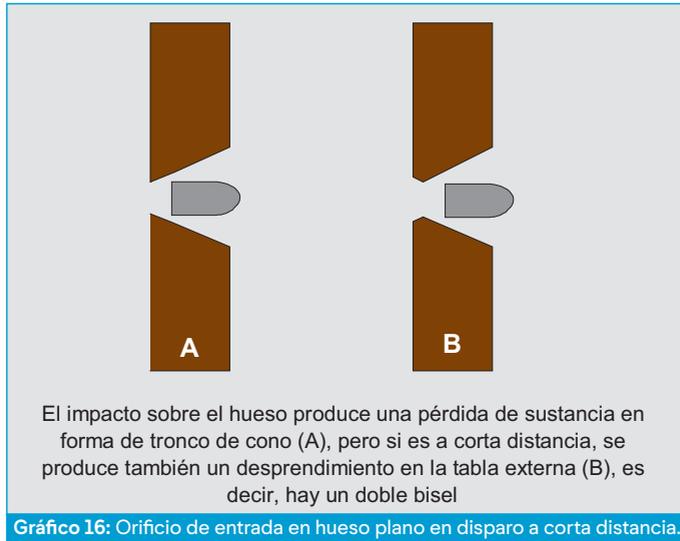


Todo el trayecto estará ocupado por un rastro hemorrágico con dislaceración de distinta intensidad de los tejidos que se van atravesando. Con frecuencia el trayecto va aumentando de diámetro debido a que el proyectil arrastra esquirlas de hueso y tejidos y su propia deformación le confiere una mayor facilidad para la pérdida de energía cinética que se transmite en forma de fuerza de empuje a las estructuras por donde progresa. En ocasiones, un solo proyectil puede desencadenar varias trayectorias si se fragmenta y se libera el núcleo del blindaje cada uno de los cuales, por su distinta masa, pueden hacer recorridos diferentes (FOTOGRAFÍAS 10 y 11 del anexo).



Predomine el efecto perforante o bien el expansivo de las cavidades temporales, se produce siempre una hemorragia que conlleva la instauración progresiva del shock hipovolémico y condiciona el pronóstico.





### 3. Orificio de salida.

Se produce en aquellos casos en los que la velocidad remanente del proyectil tiene aún suficiente impulso o inercia para salir del organismo atravesando nuevamente la piel. De este modo nos encontraremos con heridas perforantes.

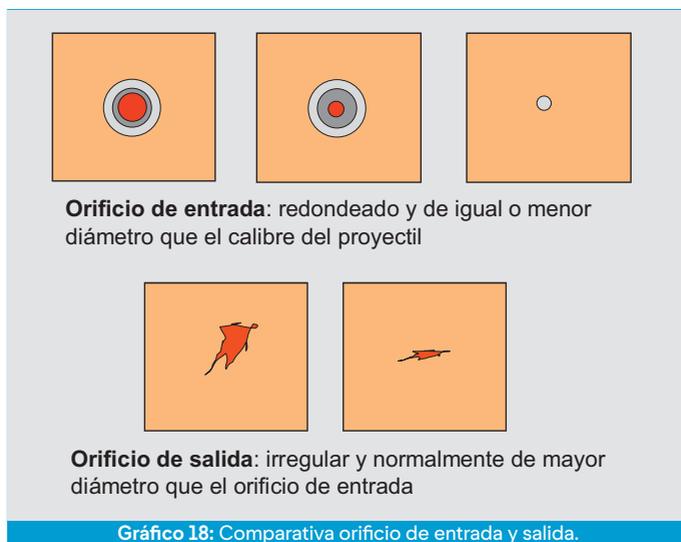
El orificio de salida, que a los efectos descriptivos posee las características de una herida penetrante, se caracteriza por lo siguiente:

- Su diámetro puede ser superior al de entrada. Particularmente es grande cuando el proyectil experimenta alguna deformación por choque con estructuras óseas y arrastra esquirlas de hueso.

- El orificio tiene forma de hendidura y sus bordes suelen estar evertidos con aspecto desgarrado.
- Presenta grasa procedente del tejido celular subcutáneo.
- Y carece de los collarettes erosivo y de limpieza.

Como norma general en lo que respecta a las heridas perforantes, con orificios de entrada y de salida, se puede decir que el proyectil penetra en el organismo “empujando” y sale del mismo “rasgando” la piel.

No es infrecuente que, tras la salida, el proyectil que ha perdido buena parte de su energía cinética al atravesar el cuerpo, quede retenido entre las prendas de vestir que podremos recuperar en las primeras manipulaciones sobre el cadáver.



## B) HERIDAS POR PROYECTILES DE ALTA VELOCIDAD.

En estos casos el orificio de entrada puede ser de dimensiones similares al proyectil, si bien, como consecuencia de la gran energía cinética que contienen, en el momento del impacto sobre la superficie corporal pueden provocar heridas irregulares y, de hecho, la cavidad temporal es particularmente importante en los primeros tramos del recorrido.

Además, estos proyectiles tienden a una gran desestabilización al rozar o chocar con estructuras y por ello el trayecto y finalmente el orificio de salida pueden ser enormes y desconcertantes.

Una cuestión de particular interés en estos casos consiste en la gran cavidad temporal que pueden provocar en algunos órganos. Así se describen en pulmón e hígado, en los que la fuerza centrífuga se traslada a los tejidos y los expande hasta que vuelven a colapsarse, con lo que las lesiones pueden ser muy graves.

C) HERIDAS POR DISPARO DE CARGA MÚLTIPLE.

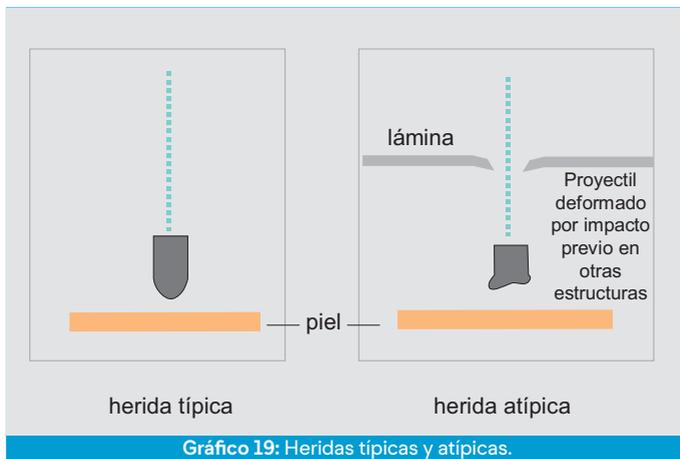
En estos casos, cada uno de los proyectiles, sean perdigones o postas en razón de su diámetro, provoca una herida en el punto de contacto sobre la superficie corporal. Ahora bien, cuando la dispersión de estos proyectiles no se ha producido todavía como consecuencia de la escasa distancia entre la boca del arma de fuego y el cuerpo, cabe la posibilidad de que todo el conjunto se traslade en una sola masa y produzca una sola herida de morfología irregular con bordes en forma de sacabocados y tamaño variable.

De este modo, a mayor distancia, la dispersión de los proyectiles (perdigones) y de las heridas que produzcan será mayor y su capacidad de penetración menor. No es infrecuente que, en estos últimos casos, no existan orificios o heridas de salida ya que estos proyectiles, de poca masa, pierden su energía cinética de forma rápida en el interior del organismo.

D) HERIDAS ATÍPICAS Y ESPECIALES

Si bien la morfología de las lesiones por arma de fuego anteriormente descritas obedecen a un patrón general que se repite normalmente, también cabe señalar que existen lesiones que difieren respecto del modelo expuesto:

- a) Lesiones atípicas: Son el resultado de disparos efectuados en el interior o inmediata proximidad de cavidades naturales, como puede ser la boca, y sobre la que se producen lesiones con grandes desgarros cuya morfología difiere de lo ya descrito. En estos casos, el esmalte dentario puede encontrarse desprendido. La inundación de las vías respiratorias empeora el pronóstico de por sí muy grave.
- b) Por otra parte, en las lesiones especiales hay que considerar las producidas en el territorio craneoencefálico, normalmente a escasa distancia y cuando coinciden varios disparos sobre el área. De este modo, el estudio e interpretación de estas heridas se dificulta por el desigual comportamiento de cada uno de los impactos teniendo en cuenta que sobre unas lesiones se producen otras y en la dinámica de producción de todas ellas hay desplazamientos y grandes fracturas. Las lesiones son semejantes a las fracturas con aplastamiento, arrancamientos y salida de masa encefálica. Por tal motivo, estas heridas se clasifican entre las contusiones complejas de la Patología Forense.



Seguindo al Palomo Rando (1992) (4), podemos señalar que en las heridas por arma de fuego que se producen en el cráneo, si la víctima ingresa en coma profundo el fallecimiento se produce en el 100% de los casos. Si lo hace en coma superficial, el fallecimiento alcanza al 80%. Del 20% de supervivientes, casi la mitad (el 45%) presentarán epilepsia a los cinco años.

Por todo lo anteriormente expuesto, los factores que influyen en el tipo de lesiones que se producen son:

- a) Tipo de arma.
- b) Tipo de proyectil.
- c) Calibre del mismo.
- d) Número de disparos efectuados.
- e) Distancia de los mismos.
- f) Región anatómica vulnerada.

**ESQUEMA (Dr. Verdú):**

**MORFOLOGÍA DE LAS HERIDAS POR ARMA DE FUEGO HERIDAS DE BALA**

**Herida de entrada**

· **Orificio**

Puede ser único (lo más habitual) o múltiple.

Puede ser redondeado u oval.

Puede seguir las líneas de las fibras elásticas.

En disparos a corta distancia y más en los a boca de jarro, forma estrellada, por el efecto de los gases (de dentro a fuera).

Diámetro variable. Mayor o menor que el proyectil. Influye la forma del proyectil, la velocidad de llegada y la elasticidad de la piel.

· **Tatuaje**

Son los elementos que se sitúan alrededor del orificio.

Está formado por la cintilla de contusión y el taraceo o tatuaje propiamente dicho.

**CINTILLA DE CONTUSIÓN**

Se sitúa inmediatamente después del orificio y se produce por:

1. Contusión de la piel por la bala.
2. Roturas de fibras elásticas por distensión de la piel, antes de romperse.
3. Frotación de la piel por el giro del proyectil.
4. Limpieza de la suciedad portada por la bala al atravesar la piel.

**TARACEO**

Se forma por:

- la quemadura de la llama
- el depósito del negro de humo
- la incrustación de los granos de pólvora

Hay un taraceo deletable (lavable) y otro indeleble (no lavable). Este último está conformado por la quemadura y los granos de pólvora que se han incrustado más profundamente.

**ESQUEMA (Dr. Verdú):****Trayecto.**

Es el recorrido del proyectil en el interior del cuerpo.

Pueden ser rectilíneos o desviados.

Las desviaciones pueden deberse a choques con huesos que, si se fragmentan, dan lugar a trayectos múltiples.

**Orificio de salida.**

Puede existir o no.

Muy variable en forma y tamaño.

Por el mecanismo de producción suele tener los bordes evertidos.

Si ha habido fragmentación, puede haber más de uno.

Carecen de cintilla de contusión y tatuaje.

**SQUEMA (Dr. Verdú):****HERIDAS DE PERDIGONES.**

Puede considerarse que cada uno de los perdigones va a dar lugar a un orificio de entrada y a un trayecto.

La forma dependerá de la distancia a la que se ha efectuado el disparo.

A muy corta distancia, no ha dado tiempo a que se separen los perdigones, por lo que se formará un gran orificio de entrada.

A más larga distancia se habrá producido la separación y cada perdigón actuará de forma independiente en un área mucho más amplia.

Los trayectos aislados son generalmente cortos.

Habitualmente no hay orificio de salida.

**5. PROBLEMAS MÉDICO-LEGALES QUE SE PLANTEAN.**

Los problemas médico-legales que se plantean quedan enmarcados en las siguientes premisas:

**A) OBLIGACIÓN DE DENUNCIA.**

Desde el punto de vista médico, en general, existe obligación de denuncia cuando por razón de la actuación profesional se tiene conocimiento de la producción de una lesión entendida como el menoscabo de la integridad corporal o de la salud física o mental. Así lo señalan diferentes artículos de la legislación de distintos países, esto es, "los que por razón de sus cargos, profesiones u oficios tuvieren noticia de algún delito público, están obligados a denunciarlo inmediatamente..." En la práctica, esta denuncia se efectúa mediante notificación al Juzgado de Guardia a través del Parte Judicial de Lesiones, en el que se hará constar la fecha y hora del reconocimiento, datos de identidad del lesionado, descripción detallada de las lesiones observadas, acciones terapéuticas y pronóstico médico-legal.

**B) DETERMINACIÓN DE RESPONSABILIDADES PENALES.**

Asimismo, le son de aplicación los artículos del Título III del Código Penal (en España) que tratan sobre las Lesiones. Por esta razón se instruyen diligencias judiciales que conllevan la

participación del Médico Forense al objeto de realizar el seguimiento de la evolución de las lesiones hasta su sanidad. En este sentido se generan los correspondientes documentos médico-legales específicos y fundamentales para la instrucción (parte de esencia, parte de estado y parte de sanidad).

### C) CON RESULTADO DE MUERTE.

En relación con el punto anterior, y en caso de resultado de muerte, también le son de aplicación los artículos (en España de la LECr) que tratan sobre los siguientes extremos:

- Diligencia de inspección ocular y de levantamiento del cadáver que se lleva a cabo en el lugar de los hechos por la Comisión Judicial.
- Práctica de autopsia judicial.

De todo lo anterior se deriva la intervención médico-forense que quedará detalladamente documentada en el correspondiente Informe Médico Forense de autopsia con la estructura clásica de los informes periciales, a saber: Introducción, Operaciones practicadas, Resultados, Valoración-Discusión, y Conclusiones.

- Finalmente, corresponde al médico forense, en base a todo ello, establecer las causas médicas del fallecimiento para su correspondiente inscripción de defunción (Registro Civil).

Toda la documentación médica generada en la investigación, queda incorporada a las Diligencias Judiciales que seguirán su curso hasta la resolución que corresponda.

### D) CUESTIONES MEDICO LEGALES.

Normalmente, las cuestiones médico-legales que se suscitan pueden guardar relación con alguno de los siguientes extremos:

1. Respecto de la víctima, tanto si existe supervivencia, como si se produce el fallecimiento.
2. Respecto del victimario, al objeto de estudiar su implicación en los hechos, así como en los supuestos de existencia de lesiones o de constatación de alteraciones mentales (consumo de drogas, etc.).
3. Respecto de balística identificativa, identificación de pólvoras, proyectiles, vainas, armas, etc., que normalmente quedan bajo la responsabilidad de los grupos especializados de Policía Científica.

Siguiendo una secuencia lógica y cronológica, los aspectos periciales médico-legales a los que hay que dar respuesta son los siguientes:

### E) INVESTIGACION EN LA ESCENA.

Participación directa y activa en la Diligencia del Levantamiento del cadáver.

- Esta intervención estará dirigida por el Juez de Instrucción.
- Su objetivo es interpretar y proteger las evidencias siguiendo las normas generales de la criminalística que son: Protección del lugar, Observación, Fijación, Recolección de

evidencias y Envío al laboratorio.

- Armas, casquillos, proyectiles, impactos en el lugar de los hechos.
- Relativas al cadáver, incluyendo la protección de las manos y las prendas de vestir.
- Establecimiento de la data del fallecimiento siguiendo los criterios de los fenómenos cadavéricos.
- Datos de identificación de la víctima.
- Cualquier otro aspecto que convenga recoger en el atestado policial, como pueden ser las declaraciones de testigos, croquis, fotografías y video.

## 6. PRÁCTICA DE LA AUTOPSIA JUDICIAL.

Siguiendo la rutina clásicamente establecida: examen externo, examen interno y estudios complementarios.

### A) EXAMEN EXTERNO.

#### 1. Estudio y protección de prendas de vestir.

Sobre ellas encontraremos las evidencias del paso de los proyectiles por lo que su estudio criminalístico resulta imprescindible.

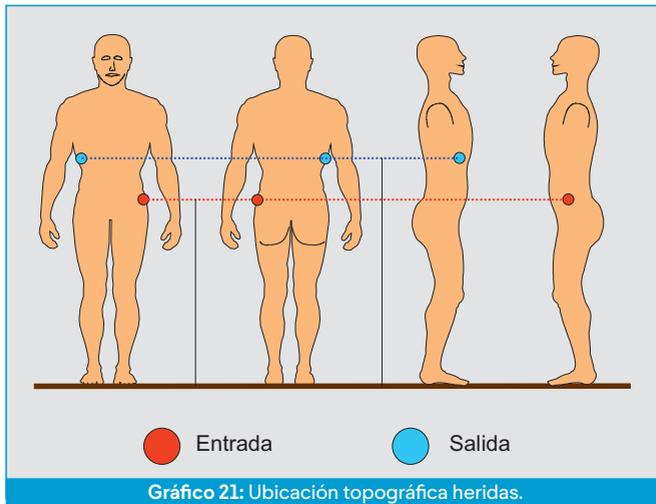
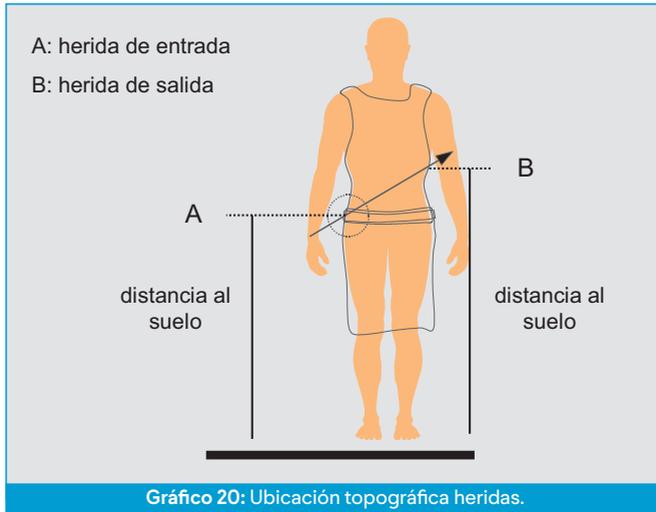
En primer lugar, se deberá comprobar si las roturas provocadas por el paso de los proyectiles en los vestidos se corresponden de manera natural con la situación de las heridas en la superficie corporal. Asimismo, es necesario determinar la posible existencia del tatuaje (residuos del disparo) correspondiente a los disparos efectuados en rangos de corta distancia.

En este punto cabe recordar el signo de la escarapela de Simonin, descrito como el deshilachamiento y el “calco” de la prenda de vestir sobre la contigua más profunda o sobre la piel.

Las prendas deberán ser retiradas ordenadamente evitando su corte. Como quiera que se encontrarán impregnadas de sangre, es necesario colgarlas y esperar a que se sequen completamente antes de guardarlas o remitirlas para el estudio de los residuos del disparo.

#### 2. Descripción individualizada de las heridas:

- Descripción de la forma y tamaño. Cada herida será identificada con un número correlativo que tendrá su propia descripción individualizada.
- Ubicación topográfica. Se realiza conforme a los lugares anatómicos en los que se sitúan con mediciones exactas. Asimismo, se medirá la distancia al talón en un cálculo estimado sobre la posición anatómica del cuerpo (altura sobre el suelo).



- Representación gráfica y fotográfica. De todos los pasos anteriormente señalados, se obtendrán fotografías partiendo de lo general a lo particular. Cada herida será fotografiada de forma perpendicular al plano de la piel y tendrá su correspondiente testigo métrico y número de identificación. En este aspecto resulta conveniente, además, colocar una estructura en forma de escuadra que nos permita tener la referencia de la línea media corporal, zona cefálica y plano horizontal del cuerpo para la correcta orientación. Asimismo, se realizarán dibujos detallados de la ubicación de las lesiones en esquemas que representen la superficie corporal.

### 3. Distancia del disparo:

Para el estudio de la distancia es necesario distinguir entre el supuesto de un disparo simple (un solo proyectil) o un disparo múltiple (varios proyectiles).

#### a) Supuestos de disparo de carga simple.

Aunque la cuestión no se puede resolver con toda exactitud, clásicamente los principales autores en Medicina Forense han distinguido cuatro tipos de disparo en relación a la distancia a la que se hubieran producido:

- Disparo a bocajarro.
- Disparo a quemarropa.
- Disparo a corta distancia.
- Disparo a larga distancia.

En cualquier caso, se han propuesto otras clasificaciones para establecer los rangos de distancia en los disparos. Así, Di Maio (6) (7):

- Herida por contacto:
  - Contacto fuerte.
  - Contacto flojo.
  - Contacto anguloso.
  - Contacto incompleto.
- Herida por contacto cercano.
- Herida desde distancia intermedia.
- Herida a distancia.

1. *Disparo a bocajarro* (o cañón tocante): Realizado en contacto directo entre la boca de fuego del arma y el organismo.

Se caracteriza por:

- El orificio de entrada tiene forma estrellada (boca de mina o de Hofmann), con los bordes desgarrados, irregulares y ennegrecidos en su cara interna por la pólvora quemada incrustada. Puede haber arrancamiento cutáneo.
- Por efecto de los gases, hay lesiones muy destructivas en los tejidos internos, con disección de los mismos que se encuentran manchados de negro de humo. Así, podemos identificar el "signo de Benassi" cuando se localiza un anillo de ahumamiento concéntrico al orificio de entrada en la cara o tabla externa del hueso craneal con despegamiento de los tejidos blandos incluido el periostio.



2. *Disparo a quemarropa*: Cuando la distancia está dentro del alcance de la llama, cuyos efectos predominan. No suele superar los 30 cm. Hasta 20 cm con armas antiguas. Hasta 10-15 cm con revólver<sup>4</sup> (FOTOGRAFÍAS 1 y 2).

- Junto con la existencia del collarete erosivo, hay una aureola de quemadura por la llama. La piel queda apergaminada, de color oscuro o amarillento. Los pelos y cabellos quemados parcialmente.
- El tatuaje es denso y concentrado con granos de pólvora incrustados y partículas metálicas, tanto dentro como fuera de la herida.



3. *Disparo a corta distancia*: Cuando la distancia está dentro del alcance de los elementos del tatuaje sin evidencia de los efectos de la quemadura. La distancia a la que llegan los restos de pólvora queda comprendida entre los 30 cm y 70 cm (no más de un metro), circunstancia que es muy variable dependiendo del tipo de pólvora de las armas de fuego empleadas. Ahumamiento hasta 35 cm (FOTOGRAFÍAS 3 y 4).

- La herida presenta las características del anillo de Fisch pero sin quemadura y con predominio de un repiqueteado hemorrágico disperso producido por los granos de pólvora quemados o sin quemar que se incrustan en la piel por su propia energía cinética. El tatuaje es indeleble.



<sup>4</sup> Estas medidas señaladas en centímetros, no deben ser tomadas como invariables ya que existen todo tipo de armas de fuego que pueden condicionar las distancias.

4. *Disparo a larga distancia*: Cuando en plano del organismo queda fuera del alcance de las partículas y residuos del disparo que forman el tatuaje (FOTOGRAFIA 6).
- El orificio presenta la cintilla erosivo-contusiva y hay ausencia absoluta de tatuaje verdadero.



Resumiendo, la apariencia de las heridas conforme a los rangos de distancia y siempre que no se entrasen cubiertas por prendas de vestir, pueden ser tal y como se presenta en el siguiente esquema (GRAFICO 26):

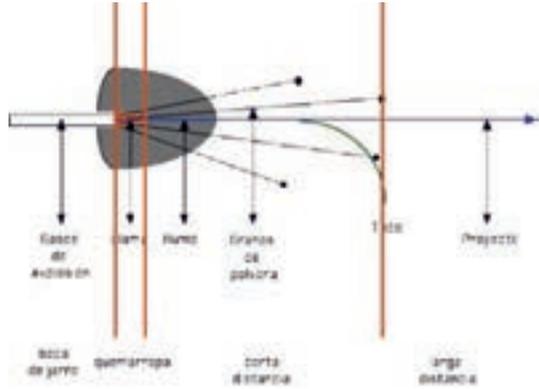


**ESQUEMA (Dr. Verdú):**

**Distancia desde la que se ha efectuado un disparo**

Para resolver este problema se debe recurrir al estudio de los elementos que integran un disparo.

Se clasifican en función del alcance de cada uno de ellos.



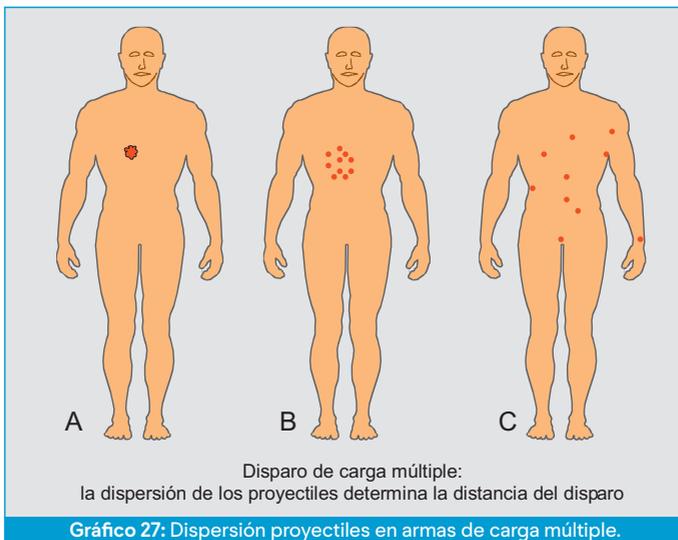
En el caso de los disparos con perdigones, se debe estudiar la dispersión de los mismos. Se pueden obtener resultados más precisos, aunque siempre sometidos a una variabilidad condicionada por el “choque” de dichas armas.

b) Supuestos de disparo de carga múltiple.

En estos casos, la determinación del disparo se efectúa teniendo en cuenta la propia dispersión que alcanzan los proyectiles (perdigones o postas, según su diámetro) en el área de impacto (FOTOGRAFÍAS 9 y 10).

En los disparos a cañón tocante o boca de jarro, no hay dispersión de los proyectiles que penetran en el organismo en un solo mazo, junto con el taco, provocando una única herida redondeada de bordes recortados e irregulares (A).

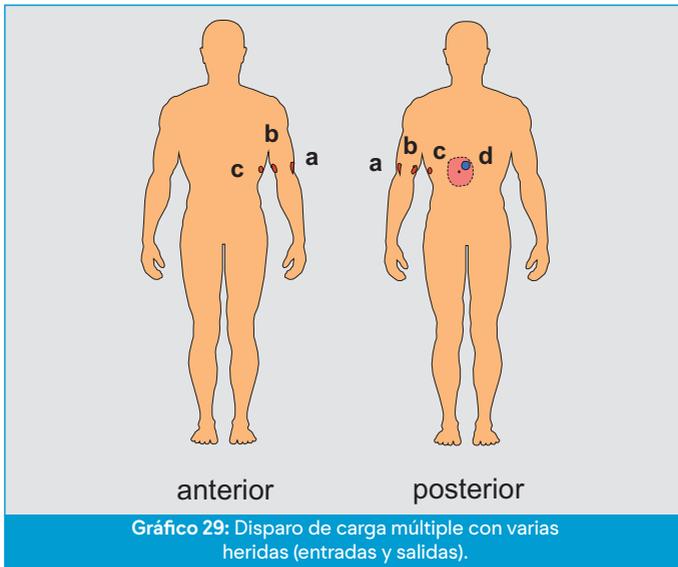
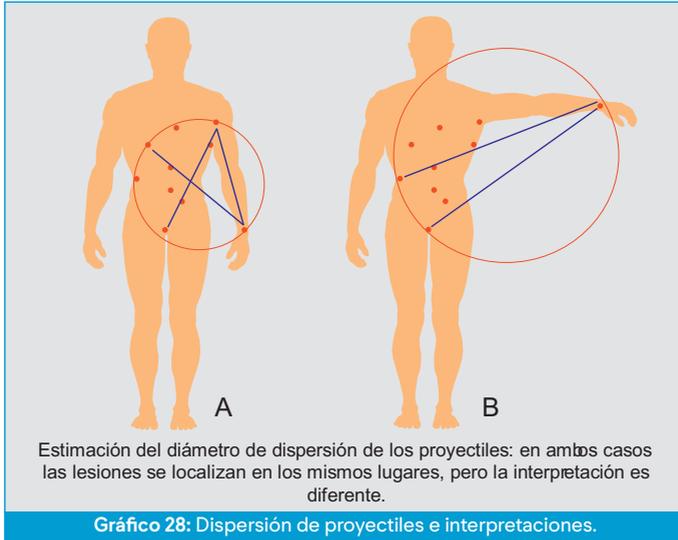
A mayor distancia (B y C), la dispersión aumentará y será menor la capacidad de penetración de los proyectiles. De hecho, la determinación de la distancia se establece conforme al grado de dispersión de los proyectiles.

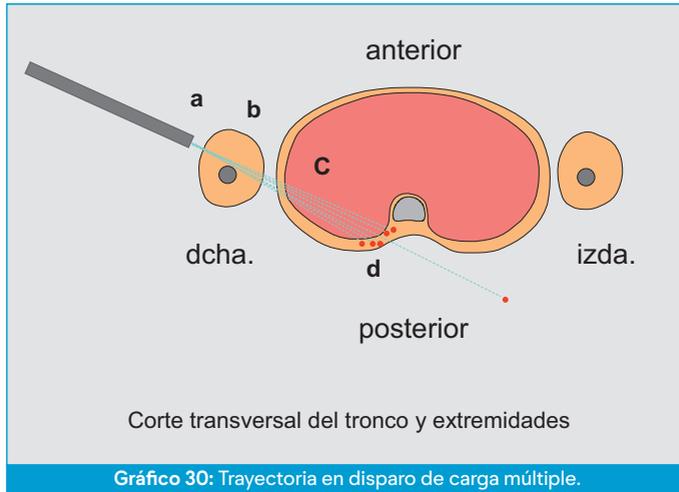


**Gráfico 27:** Dispersión proyectiles en armas de carga múltiple.

Seguindo a Villalain (2000)(1), dependiendo de la distancia, una escopeta normal lanza los perdigones con la siguiente distribución:

- Entre 0`5 a 1 m, no hay dispersión, los perdigones impactan en forma de “bala”.
- A 5 m el área de distribución es de 25 cm de diámetro.
- A 10 m es de 40 cm de diámetro.
- A 15 m es de 50 cm de diámetro.
- A 25 m es de 70 cm de diámetro.





1. *Dirección aproximada de los disparos:* El estudio de las trayectorias (dirección y sentido) viene dado, en buena medida, por la información obtenida en la Diligencia de Inspección Ocular, así como por el ángulo de impacto en la superficie corporal y el recorrido o trayectoria en el interior del organismo.

En ángulo de impacto en la superficie corporal puede ser determinado por: a) La forma del anillo de Fisch, redondeado u ovalado, determinando la perpendicular o no del disparo; b) La forma del tatuaje verdadero, redondeado u ovalado (FOTOGRAFIA 4).

Se estima que cuando el ángulo de impacto es igual o inferior a los 15°, los proyectiles no penetran en el interior del organismo y provocan unas heridas desgarrantes de distinta longitud. En ellas es necesario establecer el diagnóstico diferencial con las heridas incisocortantes de las armas blancas.

**ESQUEMA (Dr. Verdú):**

**Dirección en la que se ha efectuado un disparo**

Para encontrar la solución se estudiará:

**Forma de la incrustación de los granos de pólvora y del negro de humo**

Cuando el disparo es perpendicular a la piel, se reparten de forma homogénea alrededor del orificio. Si se inclina, a derecha o izquierda, arriba o abajo, habrá más densidad de estos elementos a la derecha o la izquierda, arriba o abajo, respectivamente.

**Forma de la cintilla de contusión**

Cuando el disparo es perpendicular a la piel, se sitúa de forma homogénea alrededor del orificio. Si se inclina, a derecha o izquierda, arriba o abajo, presentará forma de media luna en una de esas direcciones.

**Estudio del trayecto**

Será distinto en: 1) Heridas sin orificio de salida; 2) Heridas con orificio de salida; 3) Disparos en el cráneo

2. *Orden de producción de las heridas:* No siempre resulta posible establecer el orden exacto en que se producen. Por ello es más aconsejable describir esta situación a grandes rasgos o tiempos de producción de las heridas si cabe esta interpretación desde la apreciación específica de las lesiones.

No obstante, para esta interpretación, resultan de gran interés las fracturas radiadas que experimentan los huesos planos al paso de varios proyectiles. De este modo, las líneas de fractura que finalizan su recorrido sobre otras procedentes de heridas próximas serán siempre secundarias a estas.

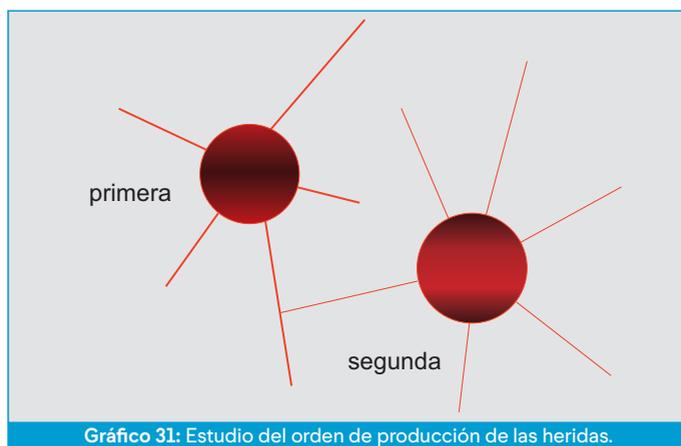


Gráfico 31: Estudio del orden de producción de las heridas.

- Fractura radial: se identifica por la forma de radios que presenta, es la primera en producirse, inicia la rotura por la superficie correspondiente a la salida del proyectil.
- Fractura concéntrica: se produce alrededor del impacto en forma circular, por la cara que recibió la presión, después de formarse las radiales.

## B) EXAMEN INTERNO.

### 1. Estudio de rayos X.

Previamente a la apertura de las tres cavidades, es necesario realizar un estudio radiográfico completo de aquellas regiones sobre las que se sitúan las heridas. Las radiografías, obtenidas en norma antero-posterior y lateral, nos ayudarán a localizar los proyectiles con toda precisión.

Asimismo, son de gran utilidad para interpretar los trayectos antes de su disección, ya que no resulta infrecuente que en los mismos se encuentren pequeños fragmentos metálicos que podremos ver en las radiografías. De igual modo, en las lesiones craneales las radiografías son muy demostrativas del primer punto de impacto sobre el hueso en donde dejan pequeñas esquirlas metálicas que se ven como cuerpos radiopacos el perder el proyectil la mayor cantidad de su energía cinética.

Siguiendo a Di Maio (1999) (6) (7), que nos recuerda la obligación de emplear esta técnica en todas las autopsias, las razones que la justifican son:

- Para observar si el proyectil o cualquier parte de él se encuentra aún en el cuerpo.
- Para ubicar la bala.

- Para localizar pequeños fragmentos depositados en el cuerpo cuando el proyectil ya ha salido.
- Para identificar el tipo de munición o arma empleada, antes de la autopsia, o para realizar tal identificación si no puede hacerse en ella.
- Para documentar el recorrido del proyectil.

## 2. Estudio de los trayectos.

La determinación previa de los orificios de entrada y sus posibles salidas, nos ayudará a realizar la inspección de los trayectos que estaría encaminada a establecer las lesiones anatomoclínicas existentes, su pronóstico y causas del fallecimiento. El estudio de las trayectorias en el interior del organismo permite, finalmente, confirmar las relaciones entre las heridas de entrada y las de salida.

## 3. Recogida de evidencias.

En el supuesto de que existan proyectiles alojados o fragmentos de ellos, es imprescindible su cuidadosa recogida y conservación para el correspondiente estudio de balística identificativa.

### C) ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS.

Los estudios complementarios se derivan de los resultados alcanzados en la marcha de la investigación médico-legal aludida anteriormente.

Normalmente van encaminados a la investigación de algunos extremos de valor criminalístico, tanto del lugar del hecho o escena del crimen, como del examen de la víctima (estudios de histopatología en los tejidos orgánicos para determinar la vitalidad y determinación analítica de los residuos del disparo), así como de sus prendas y vestidos, sobre los que pueden encontrarse todos los efectos y elementos que integran el disparo.

Bien si se realizan por el mismo equipo que practica la autopsia, como por otros especialistas, los estudios complementarios dan respuesta a las siguientes cuestiones:

#### 1. Determinación de residuos del disparo.

No entraremos en profundidad en este tema ya que otros capítulos de este texto se ocupan específicamente. Consiste en el análisis de los compuestos químicos que podemos encontrar en los elementos que integran el disparo, procedentes del proyectil, como de la pólvora y el fulminante. Todos estos residuos podrán ser localizados en las prendas de vestir, heridas, trayectos y manos de la víctima, por lucha y/o defensa en rangos de corta distancia, o por el empleo de armas de fuego.

Básicamente se han estudiado el plomo, los nitratos y nitritos. Para ello se han propuesto distintas técnicas y procedimientos. En concreto, es de rutina la prueba de Walker específica para la determinación de nitritos provenientes de la deflagración de la pólvora. En cualquier caso, la prueba ha sido criticada ya que cabe la posibilidad de que nos encontremos ante “falsos positivos” y “falsos negativos”.

Los falsos positivos se producen por contaminación accidental con sustancias nitrogenadas procedentes de abonos que podemos encontrar en el campo y en jardinería. Los falsos negativos se producirían si han transcurrido muchas horas hasta la recogida de las muestras y el cuerpo ha permanecido a la intemperie con exposición a la lluvia, particularmente en el análisis llevado a cabo en las zonas marginales a las heridas y prendas de vestir.

Teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, en el momento actual es de elección el análisis encaminado a la determinación de los compuestos del fulminante. Estos son el plomo (Pb), el antimonio (Sb) y el bario (Ba) que se estudian por espectrofotometría de absorción atómica.

## 2. Diagnóstico de vitalidad de las heridas.

Las heridas producidas por arma de fuego sobre el sujeto vivo presentan las siguientes características:

- Presencia de hemorragia.
- Existencia de sangre coagulada.
- Reacción tisular perilesional con retracción del tejido, incluida la cintilla de contusión-erosión del anillo de Fisch.
- Presencia de leucocitos (polimorfonucleares).

En relación con el trayecto, las lesiones producidas en vida se caracterizarían por una hemorragia copiosa de todo el recorrido o cavidad permanente e infiltrante para la cavidad temporal.

En los orificios de salida son frecuentes las manifestaciones de hematomas que se producen por el efecto del empuje o de arrastre del proyectil hasta la piel tras haber lesionado todas las partes blandas en el interior que quedan infiltradas.

Asimismo, cabe el estudio de la vitalidad sobre las pequeñas heridas que producen los granos de pólvora al incrustarse en la superficie de la piel en los disparos a corta distancia. Los casos de vitalidad se manifestarían por un color rojo vivo y sangrante.

## 3. Estudios criminalísticos de balística identificativa.

Otros capítulos de este texto se ocupan del desarrollo de este tema. Estos estudios están principalmente encaminados a establecer la relación entre los proyectiles localizados y las armas empleadas. Normalmente, esta investigación se lleva a cabo en los laboratorios de policía científica de los distintos cuerpos y fuerzas de seguridad.

En este mismo punto cobra un papel importante la estimación forense respecto del calibre y tipo de proyectil cuando éste no se localiza para su examen directo. En los supuestos en los que se producen heridas perforantes, es decir con orificio de entrada y de salida, y por tanto no quedan alojados, cabe establecer una aproximación con respecto del calibre si se estudian las proporciones, formas y tamaños, de las pérdidas de sustancia en los huesos planos.

Lo cierto es que, en la producción del cono de atrición, el diámetro menor siempre se ajusta al calibre, en forma y tamaño. Naturalmente que esta apreciación es válida solo para los casos en los que el proyectil alcanza el nivel del hueso de forma perpendicular y sin haber experimentado previas deformaciones o fragmentaciones.

En ningún caso se debe inferir el calibre del proyectil por la forma y tamaño de las heridas en el plano de la piel si tenemos en cuenta el efecto elástico de la piel.

## 4. Cadena de custodia.

Finalmente, el médico forense deberá establecer las medidas oportunas para garantizar la cadena de custodia de todas las evidencias obtenidas hasta la recepción de las mismas por la

autoridad judicial cuya responsabilidad se extiende hasta los exámenes que llamamos complementarios en otros laboratorios forenses a los que se remiten (policiales, etc.)

En efecto, el envío al laboratorio y la llamada “cadena de custodia” de las evidencias es cuestión esencial de la investigación forense que de no ser tenida en cuenta puede anular todo el trabajo en la apreciación de la prueba.

Siguiendo a Josefina Gómez Fernández, del Instituto de Toxicología en su Departamento de Madrid, se entiende por “cadena de custodia” al “*documento escrito en donde quedan reflejadas todas las incidencias de la muestra*”. Por lo tanto, se entenderá como tal aquel documento en que queden reflejados todos los movimientos y acciones ejercidas sobre las muestras desde que se realiza la toma hasta que se destruye o devuelve.

Es necesario su seguimiento para asegurar la integridad de la muestra y de su correcta identificación a través de su transporte al laboratorio y subsiguiente análisis.

De aquí que sea de gran importancia el que estos conceptos sean bien entendidos y asimilados por todas aquellas personas que tienen acceso a la muestra, en su toma, conservación, transporte, análisis, etc.

La TABLA 1 muestra una serie de datos que han de quedar convenientemente reflejados en todo documento de cadena de custodia.

En la Toma
Identificación única e inequívoca de la muestra Fecha y hora de la toma Persona que la realiza Lugar de la toma Descripción, envasado, identificación y precintado de la muestra (si procede se realizará fotografía o dibujo de la muestra “in situ”)
En la Conservación
Lugar de almacenamiento hasta su remisión al Laboratorio Tiempo transcurrido Tipo de conservación o sustancia adicionada
En el Transporte
Fecha Medio y condiciones de transporte
En la Entrada al Laboratorio
Fecha y hora de entrada Persona y empresa que realiza la entrega Tipo y estado del embalaje y tipo de precintado Persona que lo recibe y que realiza la apertura y codificado de las muestras Lugar donde se conserva hasta su apertura Descripción del envío: número y tipo de envases, anomalías detectadas, documentación adjunta, etc. Tipo de manipulación que se realiza: separación de alícuotas, adecuación de envases, adición de conservantes, etc. Lugar donde se conserva hasta su análisis Fecha de entrega a los laboratorios, persona que lo recibe y los entrega en cada uno de sus pasos. Descripción del etiquetado: legible, completo, incompleto, sin etiquetar, etc.
Durante el análisis
Fecha de comienzo del análisis Descripción de la muestra. Si procede se realizarán fotografías o dibujos. Manipulación de muestras: muestreo, separación de alícuotas, centrifugado, etc. Registro de todas las acciones ejercidas sobre la muestra durante el análisis: bloques y preparaciones, tinciones, etc. Estos registros incluyen la fecha, acción y persona que la realiza, y si procede firma de la persona que lo chequea.
Después del análisis
Fecha de terminación del análisis Muestras y cantidades sobrantes y listado de bloques y portas custodiados Lugar de conservación hasta su destrucción Período de custodia post- análisis Forma y fecha de destrucción o devolución.

**Tabla 1:** Datos que deben completarse en un documento de cadena de custodia.

Los datos indicados pueden servir de orientación de lo que debe quedar reflejado en un documento de custodia que debe ser diseñado específicamente teniendo en cuenta la complejidad comprendida tanto por la muestra como por el tipo de análisis realizado.

En definitiva, se trata de conocer todas aquellas acciones ejercidas sobre la muestra de manera que se pueda demostrar su identidad e integridad y su relación inequívoca con los resultados generados, o por el contrario, detectar cualquier anomalía como contaminación, confusión o deterioro, que conlleva la no fiabilidad y por lo tanto a la anulación del análisis realizado.

A la metodología habitualmente considerada en las fuentes bibliográficas hay que añadir algunas recomendaciones que tienen carácter normativo por cuando las han propuesto organismos que nos vinculan a través de tratados internacionales que han aceptado nuestros respectivos países. Así es de obligado conocimiento la Recomendación nº (99)3 del Consejo de Ministros de los Estados miembros del Consejo de Europa, para la armonización metodológica de las autopsias médico-legales (adoptada por el Consejo de Ministros del 2 de febrero de 1999, tras la 658ª reunión de los Delegados de los Ministros)<sup>5</sup>. Su conocimiento es muy importante para los Médicos Forenses ya que es específico para las autopsias médico-legales y en el mismo se presenta un Apéndice que se refiere a los métodos específicos para algunas autopsias entre las que se seleccionan la muerte por proyectiles de arma de fuego (ejemplo nº 7) y en la que se deben llevar a cabo los siguientes extremos:

- Describir extensamente el lugar de los hechos, las armas involucradas, los tipos de balas, ubicaciones de daño “medioambiental”, cartuchos y posiciones relativas de las personas involucradas;
- Examen completo de la ropa, descripción de sus daños relevantes y toma de muestras cuidadosas;
- Investigación completa y documentación de cualquier resto sanguíneo existente en la superficie del cuerpo (incluyendo ropa y manos);
- Descripción minuciosa de las lesiones de entrada y salida debidas al proyectil, con relación a puntos anatómicos fijos y su distancia respecto a las plantas de los pies. Trayectos de los proyectiles a lo largo del cuerpo;
- Descripción de las marcas debidas al contacto de la boca del cañón;
- Extirpación de la región cutánea, sin limpiar, que rodea las lesiones de entrada y de salida;
- Cuando sea necesario hacer radiografías antes y/o durante la autopsia;
- Determinación del trayecto y dirección(es) del proyectil(es);
- Determinación de la línea de disparo, sucesión de los disparos, vitalidad de los mismos, y posición(es) de las víctimas.

Pero la reglamentación o normativa quedaría incompleta si no aludiéramos a la que se ha regulado desde el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses como organismo perteneciente al Ministerio de Justicia y que vincula a los Médicos Forenses de forma específica en la práctica de autopsias judiciales (en España).

En concreto, es obligado el conocimiento de la orden por la que se aprueban las normas para la preparación y remisión de muestras objeto de análisis por el Instituto Nacional de

5 El texto ha sido publicado en la Revista Española de Medicina Legal que podemos consultar en su página web.

Toxicología y Ciencias Forenses (*Orden JUS/1291/2010, de 13 de mayo, por la que se aprueban las normas para la preparación y remisión de muestras objeto de análisis por el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses*. BOE del 19 de mayo de 2010) en la que se contemplan aspectos relativos a la tramitación, documentación, embalaje, etiquetado y precintado, así como los formularios específicos para los estudios biológicos, criminalísticos, de delitos ecológicos, estudios experimentales, histológicos, de identificación y químico-toxicológicos.

Este panorama se completa con la publicación de las ponencias presentadas por los distintos técnicos del mismo organismo al curso de formación para Médicos Forenses organizado por el Centro de Estudios Jurídicos de la Administración de Justicia (Pérez Cao, 2001) (8). En ellas se concretan aspectos de detalle con recomendaciones prácticas que son fruto de una larga experiencia y demuestra la importancia de la investigación desde el primer momento con la Diligencia del Levantamiento del Cadáver y la Autopsia Judicial hasta los estudios complementarios finales.

En lo que respecta a las heridas por arma de fuego, las recomendaciones son las siguientes:

- Se remitirá una superficie amplia del colgajo cutáneo alrededor de cada orificio de disparo. Asimismo, se acompañará un colgajo cutáneo indemne de una región alejada de los orificios.
- No lavar las heridas.
- No añadir ningún aditivo o conservante.
- Si se conoce el tipo de arma que se utilizó, se hará saber en el oficio de remisión, así como cualquier dato que se juzgue de interés para la investigación.
- Es imprescindible el envío de las ropas que cubrían la zona interesada por los disparos.

Al mismo tiempo es necesario recomendar *Protocolo Minnesota* sobre la investigación de muertes potencialmente ilícitas 2016 (Versión revisada del Manual de las Naciones Unidas sobre la Prevención e Investigación eficaces de las ejecuciones extralegales, arbitrarias o sumarias de 1991)<sup>6</sup> ya que es de utilidad cuando se producen investigaciones sobre vulneración de derechos humanos siendo las armas de fuego el principal mecanismo de producción de estas muertes.

Tampoco se puede olvidar el Manual y video elaborado por el Comité Internacional de la Cruz Roja (2008) titulado “Balística de las heridas. Introducción para los profesionales de la salud, el derecho, las ciencias forenses, las fuerzas armadas y las fuerzas encargadas de hacer cumplir la ley”<sup>7</sup>.

Igualmente debe tenerse en consideración el *Protocolo de Estambul* (Manual para la investigación y documentación eficaces de la Tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes) (Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Nueva York y Ginebra, 2004)<sup>8</sup>.

En todos estos casos, la competencia de los Tribunales Internacionales exige conocer estas recomendaciones que además de la práctica de la autopsia incluye los procedimientos de actuación en la escena del crimen.

6. [https://www.ohchr.org/Documents/Publications/MinnesotaProtocol\\_SP.pdf](https://www.ohchr.org/Documents/Publications/MinnesotaProtocol_SP.pdf)

7. Ver: <https://estudiocriminal.eu/wp-content/uploads/2017/03/Balística-de-las-Heridas.pdf>

8. <https://www.ohchr.org/Documents/Publications/training8Rev1sp.pdf>

## 7. EMISIÓN DEL INFORME MÉDICO FORENSE.

Con todo lo anteriormente expuesto en el documento pericial correspondiente, pasamos al capítulo de valoración-discusión y de conclusiones.

### A) INFORME PERICIAL: VALORACIÓN Y DISCUSIÓN.

De los datos objetivamente recogidos y descritos en la Diligencia del Levantamiento del cadáver y de la práctica de la autopsia, pasamos a la interpretación de los hechos y la reconstrucción de los mismos respondiendo a los siguientes extremos:

- Posición de la víctima y del agresor.
- Dinámica de producción de las heridas.
- Pronóstico médico-legal individualizado de cada una de ellas.
- Etiología médico-legal que las justifique. La etiología médico-legal exigiría establecer si se trata de heridas de tipo suicida, homicida o accidental.

En apoyo del suicidio podemos tener:

- Orden en el lugar de los hechos.
- Ausencia de lesiones de violencia en la víctima.
- Arma localizada cerca de la víctima.
- Normalmente una sola herida.
- Lugar de elección el cráneo.
- Dirección del disparo: inclinado hacia arriba.
- Disparo en rangos de corta distancia.
- Presencia de residuos del disparo en la mano de la víctima (en armas cortas).

En apoyo del homicidio tenemos:

- Desorden en el lugar.
- Desorden en la víctima (prendas de vestir).
- Ausencia del arma.
- Lugar topográfico lesional elegido variable.
- Uno o más disparos.
- Distancia variable.
- Ausencia de residuos del disparo en las manos de la víctima.

En apoyo del accidente, en el que el autor puede ser la víctima o bien una tercera persona encontraremos:

- Orden en los vestidos.
- Ausencia de lesiones de defensa.
- Una sola herida.
- Cualquier lugar topográfico del cuerpo.
- A rangos de corta distancia si el autor es la víctima.
- Residuos del disparo en las manos si el autor es la víctima.
- Localización del arma.

### B) INFORME PERICIAL: CONCLUSIONES.

El informe pericial finalizará con el apartado de las conclusiones redactadas de forma breve y con lenguaje preciso:

- Identidad de la víctima.
- Fecha y hora del fallecimiento.

- Causa médica del fallecimiento.
- Etiología médico-legal.
- Circunstancias que rodearon a la muerte.

**ESQUEMA (Dr. Verdú):**

**Etiología médico-legal**

Debe aclararse, finalmente, si se trata de un disparo de etiología médico-legal ACCIDENTAL, CRIMINAL o bien, SUICIDA. Los elementos para establecer el diagnóstico se obtendrán, respectivamente:

**DEL LUGAR DE LOS HECHOS**

- Existencia de desorden u otras huellas de violencia
- Ausencia del arma
- Existencia de notas
- Caracteres especiales del suicidio (espejo, disposición del arma, etc.)

**DEL EXAMEN DEL ARMA**

- Armas pre-fabricadas
- Disparos sin proyectil
- Otros

**DEL EXAMEN DEL CADÁVER**

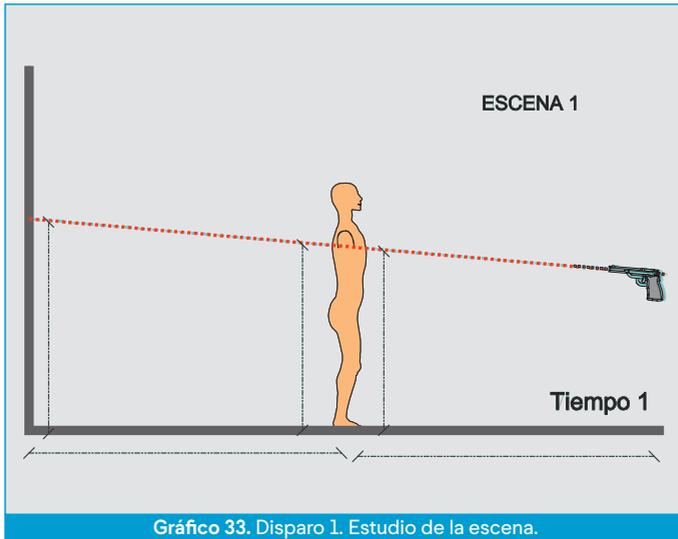
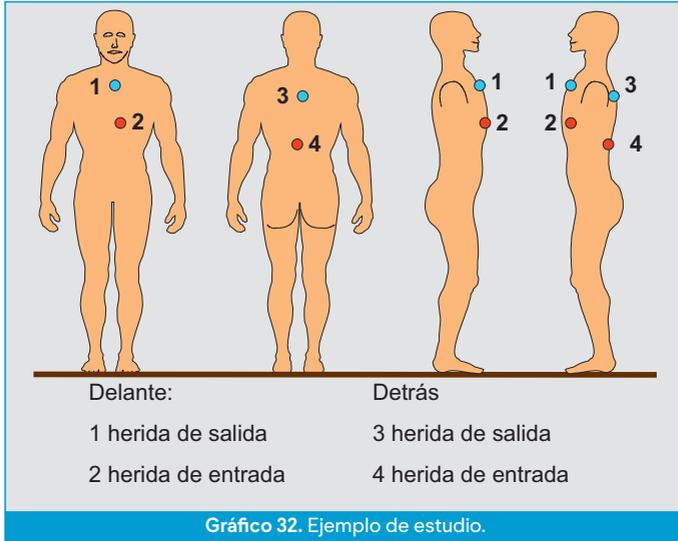
- Existencia de signos de defensa
- Existencia de signos de lucha
- Vestidos
- Forma de empuñar el arma
- Distancia y dirección del disparo
- Número y localización de las heridas
- Examen de las manos del suicida (empuñadura y de sostén)
- Indicios de otras tentativas suicidas

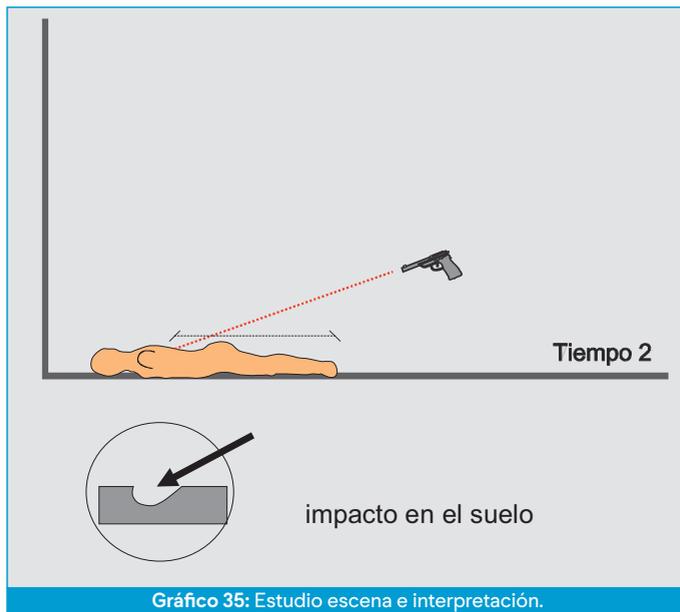
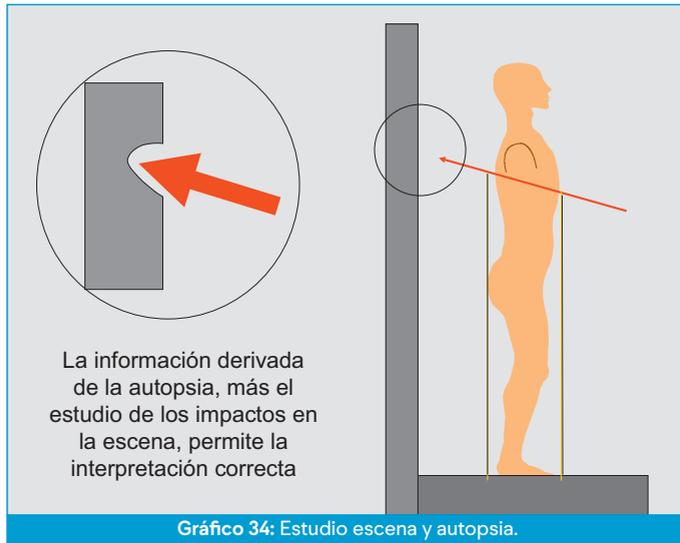
Para finalizar, es importante señalar que la defensa del informe emitido durante la vista oral se encuentra condicionada por dos cuestiones fundamentales:

- a) La auténtica prueba del proceso penal es la que se practica en el juicio oral sometida a los principios de: inmediación, contradicción, oralidad y publicidad.
- b) Que los delitos de homicidio (en algunos países) entran en la competencia del Tribunal de Jurado, por lo que todas las observaciones efectuadas en el procedimiento seguido deben estar debidamente documentadas para una mejor exposición y comprensión de los miembros del tribunal que normalmente serán legos en la materia.

Por todo ello, la presentación de los elementos de prueba deberá cuidarse en extremo para lograr la demostración de todo cuanto se sostiene y asegura en el Documento Médico Pericial.

**EJEMPLO. Información procedente de la autopsia.** Cuatro heridas por arma de fuego, dos en el plano anterior y otras dos en el posterior: 1) salida; 2) entrada; 3) salida; 4) entrada. El estudio de trayectos revela que la herida 2 sale en 3 y que la herida 4 sale en 1. Todas ellas realizadas a larga distancia.





## 8. AGRADECIMIENTOS:

Al Dr. Miguel Ángel Carnicero, Director del Instituto Anatómico Forense de San Sebastián y al Dr. Luis Miguel Querejeta, primer Director del Instituto Vasco de Medicina Legal, con quienes compartimos momentos difíciles en el análisis de casos complejos. Al igual, mi agradecimiento a Diego Leonet, especialista en Criminología y Ángel Rodríguez, especialista en investigación criminal por la parte experimental realizada en esta materia.

9. ANEXO FOTOGRÁFICO.



Fotografía 1: Disparo a quemarropa.



Fotografía 2: Disparo a quemarropa con tejido interpuesto.



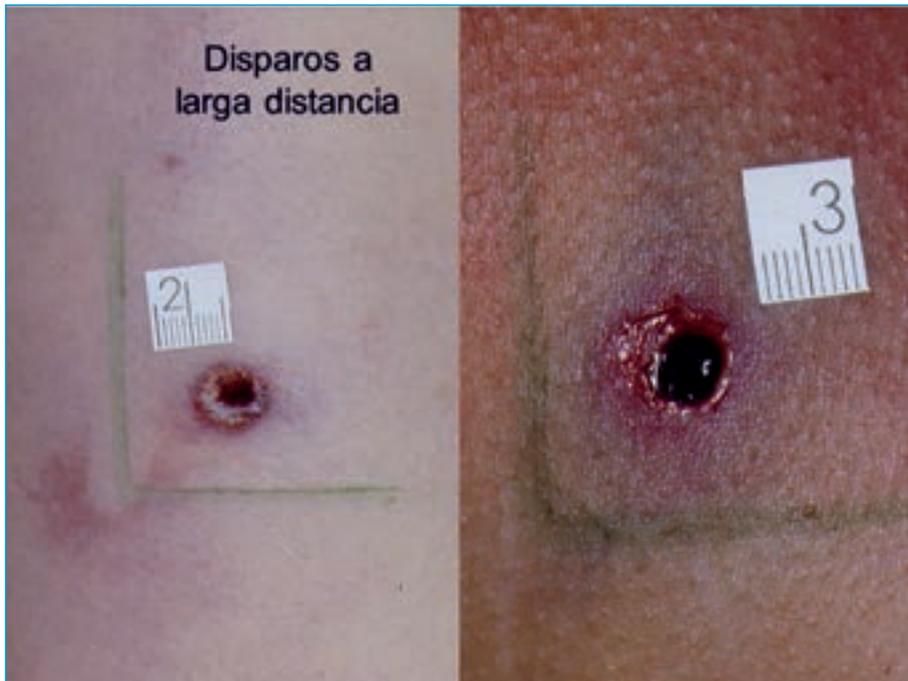
Fotografía 3: Disparo a corta distancia.



Fotografía 4: Disparo a corta distancia oblicuo en relación al plano de la piel.



Fotografía 5: Herida tangencial.



Fotografía 6: Disparos a larga distancia.



Disparo de carga múltiple a escasa distancia: no hay dispersión de los perdigones.



Fotografía 9: Disparo por escopeta de perdigones a escasa distancia.

Disparo de carga múltiple



Fotografía 10: Trayecto de disparo de carga múltiple.



Fotografía 11: Trayecto en pulmón (cavidad definitiva).

## 10. BIBLIOGRAFÍA.

1. VILLALAIN, J.D. 2000. Lesiones originadas por armas de fuego. En: "Manual de Medicina Legal y Forense" de CASAS SANCHEZ, J. De D. & RODRIGUEZ ALBARRAN, M.S.
2. GISBERT CALABUIG, J.A. 1998. Medicina Legal y Toxicología. Edit. Salvat. Barcelona.
3. BONNET, E.F.P. 1980. Medicina Legal. Tomo I. 1004 pp.
4. PALOMO RANDO, J.L. 1992. Aspectos médico-legales de los traumatismos craneoencefálicos. Universidad de Málaga.
5. SIMONIN, C. 1982. Medicina Legal Judicial. 1162 pp.
6. DI MAIO, V.J.M. 1999. Heridas por arma de fuego. Aspectos prácticos sobre las armas de fuego, balística y técnicas forenses". Ediciones La Rocca, Buenos Aires.
7. DI MAIO, D.J. & DI MAIO, V.J.M. 1989. Forensic Pathology. 528 pp.
8. PEREZ CAO, A.M. 2001. Sección de Criminalística. Avances actualizados en Ciencias Forenses en el trabajo pericial del Instituto Nacional de Toxicología. Plan de formación continuada 2001 para Médicos Forenses CEJAJ. 465-470. Ministerio de Justicia. Madrid.
9. ANTON BARBERA, F. & DE LUIS Y TUREGANO, J.V. 1991. Manual de Técnica Policial. 240 pp.
10. CASAS SANCHEZ, J. De D. & RODRIGUEZ ALBARRAN, M.S. 2000. Manual de Medicina Legal y Forense. 1420 pp. Edit- Colex.
11. DE LUIS Y TUREGANO, J.V. 1990. Policía Científica. Vol III. 511 pp.
12. HEARD, B.J. 1997. Handbook of Firearms and Ballistics: Examining and Interpreting Forensic Evidence.
13. MORENO GONZALEZ, L.R. 1986. Balística forense. 138 pp. México.

**4**

**Antropología  
forense de  
las lesiones  
por proyectil  
de arma  
de fuego.**

# Antropología forense de las lesiones por proyectil de arma de fuego.

IGNASIGALTÉS VICENTE<sup>1</sup>

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los principios físicos asociados a la acción de un proyectil de arma de fuego sobre los tejidos, hacen que la lesión resultante deba ser considerada como una lesión particular y compleja. El término *herida/lesión balística (wound ballistics)* quiere significar esta particularidad, haciendo referencia a los efectos de un proyectil sobre un organismo vivo. Se puede considerar la intersección de dos disciplinas: la medicina y la balística terminal. Su estudio interesa múltiples especialistas tales como patólogos, físicos, criminólogos, juristas, etc. (Ordog et al., 1984; Kneubuehl, 2011; Stefanopoulos et al., 2015).

La lesionología de las armas de fuego depende del tipo de cartucho y arma empleados, de los tejidos afectados y de la dinámica del disparo. Se entiende, por tanto, la gran variabilidad del resultado. No obstante, hay una serie de características comunes que son las que esbozaremos en este capítulo centrándonos en el tejido óseo. Aparentemente, se trata de acelerar suficientemente un proyectil para ser capaz de alcanzar una velocidad óptima para atravesar un cuerpo. Sin embargo, la interacción entre el proyectil y los tejidos es un fenómeno altamente complejo en el que convergen las leyes físicas con las propiedades mecánicas de los tejidos implicados. La lesión resultante va a depender de esta relación, y el éxito de nuestras inferencias estará condicionado por el dominio que tengamos de esos principios mecánicos y fisiopatológicos.

En este capítulo, empezaremos por ver el marco general de estudio de la Antropología Forense. Seguidamente, nos centraremos en las propiedades mecánicas del tejido óseo y las características propias de las lesiones por proyectil de arma de fuego en hueso. Finalmente, haremos una serie de consideraciones particulares del estudio óseo en el caso del cadáver reciente y en mal estado.

## 2. ANTROPOLOGÍA FORENSE. CONCEPTO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.

En los últimos años, estamos asistiendo a un auge en la popularidad de las ciencias forenses. Si bien esto es cierto en el conjunto de estas disciplinas, es particularmente notable el interés creciente en lo referente a la Antropología Forense.

Existen varias definiciones de Antropología Forense dependiendo de la disciplina desde la que se interviene, sin embargo, hay una serie de elementos comunes en todas ellas y que centran sus objetivos en la identificación, así como la determinación de las causas y las circunstancias de la muerte de un individuo. De este modo, la Antropología Forense queda directamente incardinada tanto con la Patología Forense, fundamentalmente en lo referente a la interpretación de lesiones y diagnóstico de causa de muerte, como con la Antropología Física en materia de perfil biológico e identificación humana.

El experto en Antropología Forense juega hoy en día un papel muy destacado en el estudio medico-legal del cadáver en mal estado e incluso del cadáver reciente, complementando el trabajo del patólogo forense, proporcionando datos adicionales a la autopsia convencional,

1. Unitat d'Antropologia Forense del Servei de Patologia Forense de l'Institut de Medicina Legal i Ciències Forenses de Catalunya. Unitat de Medicina Legal i Forense, Departament de Psiquiatria i de Medicina Legal, Universitat Autònoma de Barcelona.

fundamentalmente en lo referente al reconocimiento y análisis de lesiones traumáticas esqueléticas a fin de inferir el mecanismo e instrumento responsable de las mismas (Galtés, 2013). En este sentido, como constata Prieto (2010), “la Antropología Forense, tal como la definimos y la practicamos en la actualidad, ha conseguido la emancipación de sus fuentes originales, convertida en una ciencia forense con sus propios estándares de formación y práctica profesional”.

### 3. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL TEJIDO ÓSEO APLICADAS A LA LESIÓN POR PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO.

#### A) ASPECTOS GENERALES LA LESIÓN POR PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO.

En la biomecánica de la lesión por proyectil de arma de fuego entran en juego las propiedades mecánicas del proyectil, su dinámica y la interacción entre éste y los distintos tejidos y estructuras que conforman el organismo. El resultado es un complejo marco de conceptos físicos que escapan al objetivo que persigue este capítulo. Para entender los factores relacionados con la lesividad de las armas de fuego, resulta útil el abordaje que plantea Bartlett (2003) sobre los factores que condicionan la denominada “lesión balística”. Lo interesante de su planteamiento es que va más allá de la simple relación lesión - energía cinética del proyectil, estableciendo siete variables fundamentales en cada una de las cuales subyace la riqueza conceptual biomecánica comentada. Este enfoque resulta más realístico, ya que contempla la complejidad del tema pero desde un punto de vista práctico, más entendible:

#### 1. Energía cinética ( $E_c$ ).

La  $E_c$  está determinada por la masa del proyectil y fundamentalmente por su velocidad. Sus efectos se correlacionan directamente con la lesión tisular. Mientras un aumento de masa resulta en un aumento lineal de la  $E_c$ , el incremento de la velocidad eleva la  $E_c$  exponencialmente al cuadrado y esto explica el efecto devastador de las armas de fuego. Dado el tamaño del proyectil, esta energía se transferirá a un área de contacto muy pequeña, por tanto, la tensión (o “estrés”) (fuerza por unidad de área;  $= F/A$ ), y en última instancia la capacidad lesiva resultante será muy elevada.

#### 2. Cavity temporal y definitiva.

La cavity definitiva es la consecuencia directa del paso del proyectil, de la disrupción y perforación tisular resultante. La cavity temporal es un fenómeno más interesante, particular de las lesiones por proyectil de arma de fuego, que fue descrita por primera vez por Woodruff (1898) y que está correlacionada con la velocidad del proyectil. A mayor velocidad, se producirá una onda de choque que se disipará lateralmente y de forma pulsátil, en dirección perpendicular a la trayectoria del proyectil. Esta onda genera un efecto directo compresivo y un efecto secundario a potentes fuerzas de inercia generadas lateralmente durante la expansión de la cavity temporal (Sellier y Kneubuehl, 1994). Esto explica la capacidad de producir lesiones a distancia, sin necesidad de impacto directo del proyectil, pues los tejidos se ven comprimidos y traccionados violentamente. El fenómeno es aplicable al hueso, y explica las fracturas, por ejemplo vertebrales o costales, por la onda de choque secundaria al paso de un proyectil de alta velocidad en el tórax (Dougherty, 2011; Kieser, 2012; Kieser, 2013).

### 3. Movimiento del proyectil.

El disparo está diseñado para dotar al proyectil de la máxima eficiencia en su acción lesiva, para ello es fundamental su estabilidad y, con ello, el ahorro energético durante el trayecto para ser de máxima magnitud en el impacto. El movimiento del proyectil es complejo, en él actúan distintas fuerzas que resultan en un patrón de rotación *en roseta* (Aggrawal, 2014). El ángulo final de impacto es fundamental para entender la lesión, pues está relacionado con la tensión ( $\sigma$ ) a la que se somete el tejido y, en última instancia, con la transferencia y pérdida de  $E_c$ . A más angulación en el impacto, mayor pérdida de  $E_c$  (Waters, 2008).

### 4. Calibre, forma y estructura del proyectil.

Son variables relacionadas con la longitud, diámetro y densidad de sección, que a su vez determinan la estabilidad del proyectil y su capacidad de penetración. Condicionaran la lesión directa y el patrón de cavidad temporal resultante (Carr et al., 2018). Su papel en la balística terminal es fácilmente deducible si tenemos en cuenta las variables anteriormente explicadas.

### 5. Distancia intratisular recorrida.

La distancia está directamente relacionada con la  $E_c$  en el momento de interaccionar con el tejido y con la capacidad del mismo para disipar esta energía. El tipo de cartucho y proyectil van a condicionar su recorrido. Considerando una misma zona corporal, un proyectil A, con el doble de  $E_c$  que un proyectil B, puede ser capaz de atravesar el cuerpo pero, aun así, puede causar menos lesión que el proyectil B, ya que este último va a ceder toda su energía sobre el cuerpo, por tanto tendrá un mayor potencial lesivo que A, que va a ceder sólo parte de su energía (DiMaio, 1998).

### 6. Propiedades mecánicas de los tejidos implicados.

Simplificando, podríamos entender la acción del proyectil como una combinación de contusión y penetración a la que habría que sumar los efectos de la cavidad temporal. El proyectil comprime, arrastra, tracciona los tejidos y los somete a fuerzas de cizalla sobre todo a nivel de sus interfaces de densidad (Karger, 2008; Waters, 2008; Kieser et al., 2011). Evidentemente, las propiedades mecánicas de los tejidos condicionaran su vulnerabilidad a estos tres tipos principales de cargas mecánicas. En el siguiente apartado se hablará particularmente del tejido óseo. Destacar el papel de la densidad y elasticidad del tejido en la formación de la cavidad temporal, en el caso del hueso, es especialmente vulnerable la cavidad medular (Kieser et al., 2012).

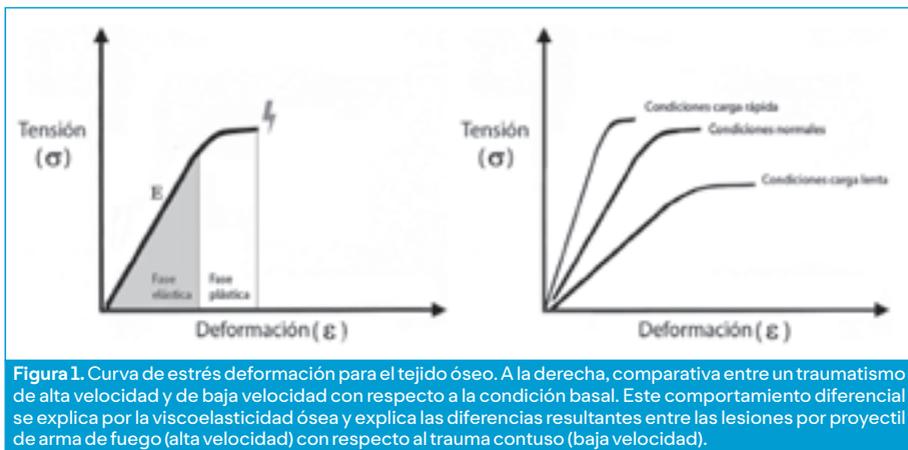
### 7. Fragmentación del proyectil.

La dinámica del proyectil es compleja. Hay distintas fuerzas que actúan sobre él y que explican su movimiento. Cuando se produce el impacto, todas estas fuerzas generan fuerzas opuestas directamente proporcionales a las ejercidas sobre los tejidos. El resultado es la deformación o fragmentación del proyectil. En consecuencia, no toda la energía del impacto se va a “transformar en lesión”, parte se invertirá en la deformación inelástica del proyectil y del tejido (lesión p.d), y otra parte se transformará en otras formas de energía (e.g. calor). La fragmentación del proyectil amplificará los efectos lesivos de la cavidad temporal y aumentará la severidad del traumatismo (Fackler et al., 1984; Waters, 2008).

## B) RESPUESTA DEL TEJIDO ÓSEO A LA ACCIÓN DE UN PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO.

El tejido óseo está compuesto en un 70% por una parte inorgánica, de tipo mineral, responsable de la rigidez y resistencia a la compresión del hueso. El otro 30% corresponde a una fracción orgánica, principalmente colágeno, responsable de la elasticidad y la resistencia a la tracción del hueso. Desde un punto de vista biomecánico, el hueso se comporta como un material extremadamente complejo debido a su carácter heterogéneo, anisotrópico y viscoelástico. Esta última propiedad, la viscoelasticidad, confiere al hueso una mayor tolerancia a la compresión que a la tracción, principal carga por donde se va a iniciar la fractura (Simon, 1997).

La vulnerabilidad del hueso a la fractura depende de factores intrínsecos y extrínsecos. Los primeros incluyen la capacidad del hueso para absorber energía, su rigidez (módulo de Young ( $E$ )), densidad y fatiga. Los factores extrínsecos incluyen la dirección de la fuerza, su magnitud, duración y velocidad. Ante una carga mecánica, el hueso va a deformarse progresivamente definiendo un comportamiento elástico, es decir, si termina el estímulo el hueso vuelve a su forma inicial. Por el contrario, si el estímulo continua, el hueso sobrepasa el comportamiento elástico y la deformación se fija, mostrando un comportamiento típicamente plástico. Más allá de la deformación plástica y caso que el estímulo se mantenga, se produce una fractura (Scheirs et a., 2018) (Fig. 1).



**Figura 1.** Curva de estrés deformación para el tejido óseo. A la derecha, comparativa entre un traumatismo de alta velocidad y de baja velocidad con respecto a la condición basal. Este comportamiento diferencial se explica por la viscoelasticidad ósea y explica las diferencias resultantes entre las lesiones por proyectil de arma de fuego (alta velocidad) con respecto al trauma contuso (baja velocidad).

Este comportamiento es común tanto para las lesiones contusas como para las lesiones por proyectil de arma de fuego. No obstante, en el caso de las armas de fuego, la energía del objeto lesivo es muy superior a la del trauma contuso y se aplica en un área relativamente pequeña, con lo cual, el estrés va a ser mayor y el resultado más destructivo. Por otra parte, teniendo en cuenta la viscoelasticidad del hueso, la deformación por unidad de tiempo que va a experimentar el tejido va a ser menor, de manera que se fracturará antes, de manera más “explosiva” y con menos deformación (Fig. 1). Como resultado, y continuando con la comparativa con las lesiones de tipo contuso, en las armas de fuego el grado de deformación plástica es por lo general menor y la fractura tenderá a ser más de tipo conminuto. Esto es especialmente válido para proyectiles de alta velocidad, dotados de una muy elevada energía (Reichs, 1997; Smith y Symes, 2007).

#### 4. LESIONES ESQUELÉTICAS POR PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO.

##### A) ASPECTOS GENERALES Y COMUNES DE LAS LESIONES ÓSEAS POR PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO.

El examen morfológico de las lesiones por proyectil de arma de fuego debe centrarse fundamentalmente en el estudio de la cortical. En esta zona vamos a obtener las principales evidencias para datar la lesión (peri-mortem & post-mortem), caracterizar el mecanismo implicado y, en última instancia, obtener pistas que nos permitan reconstruir las circunstancias de la muerte. Por el contrario, el tejido esponjoso se fragmenta y ofrece menos posibilidades diagnósticas, al menos desde el punto de vista macroscópico.

El elemento común de la lesión ósea es la formación de un *defecto troncocónico*, más evidente a más espesor cortical (Fig. 2). A este orificio, sea de entrada o de salida, se asociarán o no fracturas secundarias que pueden ser desde fisuras o fracturas simples (lineales) a fracturas conminutas. La morfología troncocónica obedece a un fenómeno de “arrastre” de material durante el impacto y paso del proyectil, aunque también influye la manera en que se transmite y disipa la energía en la estructura ósea tras el impacto. El resultado es un orificio cuyo diámetro en el punto de entrada es menor que el diámetro en el punto de salida.

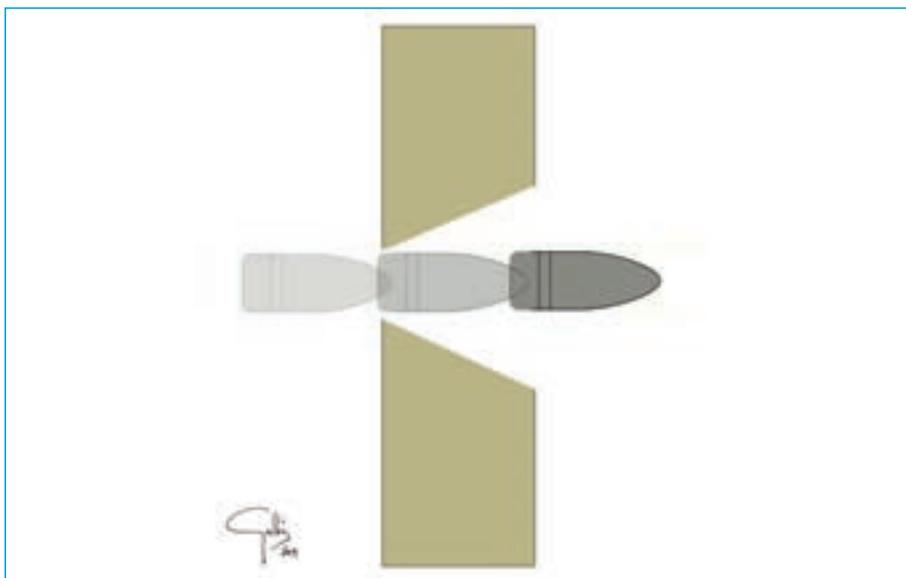


Figura 2. Fenómeno de troncocono o biselado por acción de paso de un proyectil de arma de fuego en hueso. Se observa fundamentalmente en la cortical, sin perjuicio de que el paso a través del hueso esponjoso también pueda dejar esta morfología característica. El resultado es un orificio o trayecto cuyo diámetro en el punto de entrada es menor que el diámetro en el punto de salida.

Un aspecto a destacar es la necesidad de reconstruir siempre todas las lesiones esqueléticas. Para ello podemos utilizar pegamentos a base de nitrato de celulosa (recomendado) o, caso de ser huesos húmedos o con cierto residuo graso, pegamentos vinílicos o cianoacrilato, lo que va a garantizar un pegado rápido, fácil pero irreversible. La reconstrucción es aconsejable para poder llevar a cabo el estudio de los orificios y el patrón de fractura asociado, es decir, en última instancia, elementos clave para la reconstrucción de la dinámica de la lesión y circunstancias de los hechos (Galtés, 2015).

B) LESIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE HUESO.

1. Cráneo.

Las lesiones por proyectil de arma de fuego en cráneo están bien caracterizadas y su descripción es extensa en la literatura forense. El diploe está formado por dos capas de tejido compacto, tabla interna y tabla externa, separadas por una lámina de tejido trabecular de grosor variable. El impacto del proyectil en esta estructura, sea el punto de entrada o el de salida, puede ir asociado al siguiente patrón de fracturas (Fig. 3) (Reichs, 1997; Smith y Symes, 2007; Rothschild, 2011; Dodd, 2014):

- *Fractura primaria.* Resultado de la penetración del proyectil a través de la masa ósea. Como se ha comentado en el apartado anterior, la penetración se asocia un fenómeno de “arrastre” del material óseo y a ondas opuestas de compresión/tracción que se disipan en el espesor del diploe. Todo ello resulta en un defecto característicamente troncocónico en el que el diámetro del punto de entrada es menor que el de salida (Quatrehomme y I can, 1999; Etxeberria, 2003) (Figs. 2,4). En el punto de impacto, la morfología del defecto variará entre redondeado u oval, en función de si el impacto con el proyectil es perpendicular u oblicuo, respectivamente. Por otra parte, el diámetro del orificio de entrada puede corresponder con el calibre del proyectil o ser mayor, al respecto hay bastante discusión en la literatura. En general, a más energía cedida en el punto de entrada más irregularidad va a existir (Berryman et al., 1995; Harruff, 1995; Maiden, 2009).
- *Fracturas secundarias o radiadas* (Fig. 3). Pueden ser completas o incompletas (fisuras) y parten en un segundo tiempo de la fractura primaria. Ocurren por efecto de la presión hidráulica que deforma el cráneo hacia fuera, creando puntos de tracción en la tabla externa que, superado el límite elástico, rompen originando la fractura (Reichs, 1997; Rothschild, 2011).

En general, las fracturas secundarias siguen las líneas de menor resistencia, y pueden formarse incluso antes de la salida del proyectil. Se detienen cuando se agota la energía o cuando encuentran una sutura u otra fractura, en este sentido, de su intersección puede inferirse el número de impactos y su secuencia aplicando la conocida regla de Puppe (Spitz, 1980) (Fig. 5).

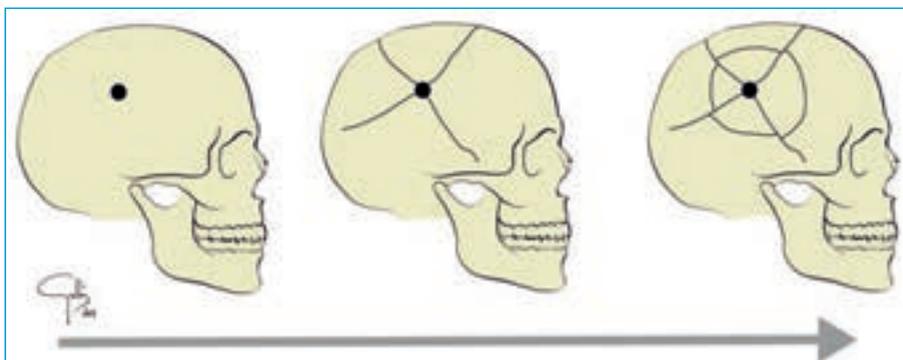


Figura 3. Patrón de fractura en cráneo por acción de proyectil de arma de fuego. Secuencia de fractura primaria, secundarias (radiadas) y terciarias (concéntricas).

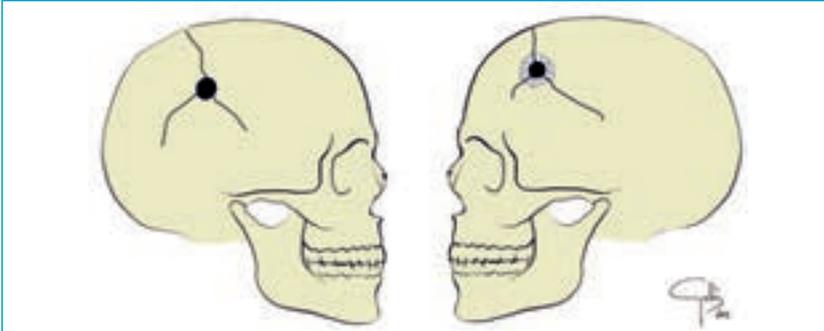


Figura 4. Orificio de entrada (izquierda) y salida (derecha) en cráneo. Defecto típico en troncocono donde el diámetro en el punto de entrada es menor que el diámetro en el punto de salida.

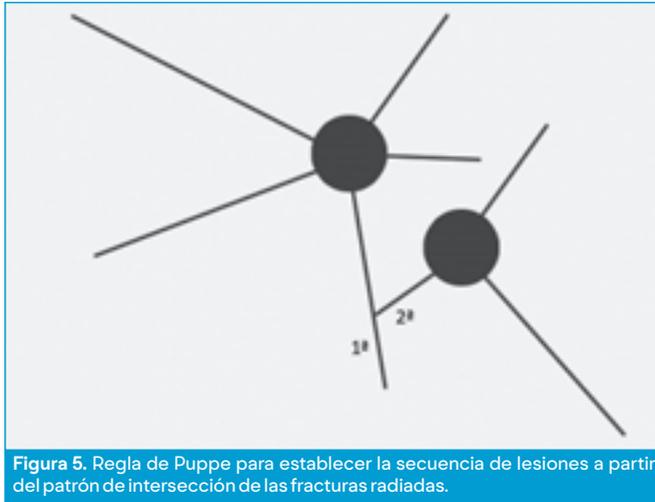


Figura 5. Regla de Puppe para establecer la secuencia de lesiones a partir del patrón de intersección de las fracturas radiadas.

- *Fracturas terciarias o concéntricas* (Fig. 3). Ocurren en último tiempo, después de las secundarias a las que suelen asociarse, sobretodo en casos de disparos de elevada energía. Raramente se las puede ver aisladas junto a una fractura primaria. Como ocurre con las radiadas, al cruzarse con ellas o con una sutura se detienen, lo cual permite establecer un orden de aparición. Presentan típicamente un biselado marginal, cuya orientación permite el diagnóstico diferencial entre una lesión por un objeto contundente (bisel orientado hacia adentro) y una lesión por proyectil de arma de fuego (bisel orientado hacia afuera). Este biselado es menos evidente a más curvatura del hueso, y más evidente en los puntos más cercanos a la fractura primaria. Asimismo, su presencia es independiente de que sea orificio de entrada o salida. Los mecanismos implicados en la aparición y morfología del bisel se relacionan con la localización de las cargas de tracción y compresión que, a su vez, están relacionadas con la fuerza aplicada por el objeto contundente y por el efecto de la onda expansiva (aumento de la presión intracraneal) en el caso de las armas de fuego (Reichs, 1997; Smith y Symes, 2007; Dodd, 2014).
- *Fracturas indirectas*. Frecuentes en la base de cráneo, sobretodo en la fosa anterior.

Es importante descartar que la presencia de fracturas radiadas y concéntricas (Fig. 3) está condicionada por la energía del impacto y específicamente por la velocidad, tamaño del proyectil, densidad del hueso y la curvatura en el punto de impacto. Ambos tipos de fractura pueden ayudarnos a establecer la dirección del disparo, siendo especialmente útil en casos en

los que hay parte del hueso que ha sido resecado quirúrgicamente o en especímenes antropológicos (Smith y Symes, 2007).

Por otra parte, respecto al orificio de salida, destacar que suele ser de mayor diámetro que el orificio de entrada, más irregular y puede estar asociado a un patrón de fracturas radiadas que, en este caso y generalmente, serán de menor entidad que en el punto de entrada, pudiendo existir una intersección entre ambos focos de radiación en cuyo caso será un elemento más a considerar para establecer la secuencia y diferenciación de impactos (Reichs, 1997; Smith y Symes, 2007; Dodd, 2014).

El fenómeno del “biselado” o defecto troncocónico asociado a la fractura primaria (Fig. 4), es una característica muy evidente en el díploe y que ayuda a caracterizar si el orificio es de entrada o de salida. Esta diferenciación es un elemento clave de la investigación forense, que con frecuencia complementa el examen que el patólogo realiza a los tejidos blandos, y que puede resultar especialmente útil en casos dudosos o de cadáveres en mal estado. Es importante añadir que cuando el disparo se realiza a cañón tocante, con independencia de esta morfología biselada o troncocónica, adicionalmente, puede observarse un biselado más delgado, a modo de recorte, rodeando la tabla externa del orificio de entrada. Su presencia sugiere el contacto con el arma y su morfología puede indicar si se trata de un disparo perpendicular u oblicuo (Fig. 6) (Coe, 1982; Dodd, 2014).



Figura 6. Orificio de entrada a cañón tocante. Presencia de una corona erosiva en hueso rodeando la tabla externa del orificio de entrada.

En el caso de proyectiles de alta velocidad, la energía es tan elevada que el cráneo en su totalidad explota produciéndose un traumatismo complejo y conminuto. No obstante, una reconstrucción cuidadosa puede revelar el patrón de fractura actuado y con ello la reconstrucción de la dinámica de la lesión.

Por último, referirnos al fenómeno descrito por Spitz (1980) como “*keyhole lesion*” (orificio en ojo de cerradura) (Fig. 7). Se produce cuando el proyectil entra o sale tangencialmente del cráneo. Esta trayectoria “empuja” una lasca de cortical de ambas tablas provocando un defecto cuadrangular en el díploe. La unión del defecto provocado por el propio orificio primario con este defecto en lasca resulta en una morfología que recuerda a un ojo de cerradura. El desprendimiento en lasca irá asociado a un defecto o bisel adicional que puede llevar a confusiones diagnósticas ya que no cumple la regla que se aplica a la morfología troncocónica del orificio de entrada o salida. En estos casos, el diagnóstico de entrada o salida debe hacerse fijándose exclusivamente en la posición del bisel del orificio primario y no al de la lasca asociada (Reichs, 1997).

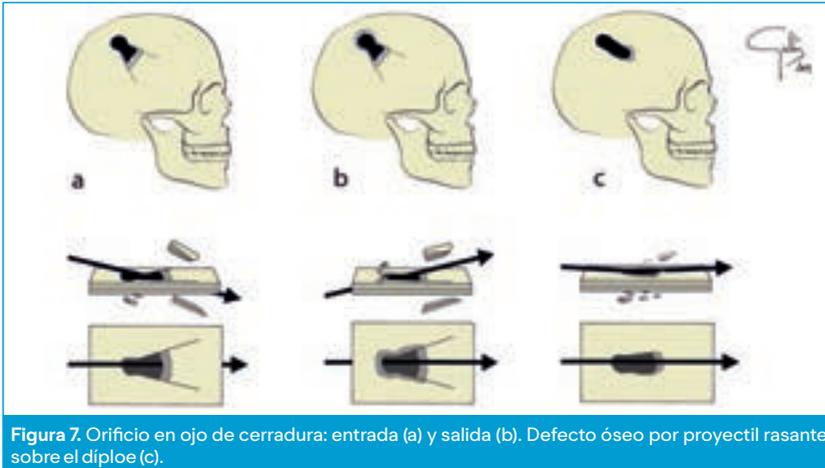


Figura 7. Orificio en ojo de cerradura: entrada (a) y salida (b). Defecto óseo por proyectil rasante sobre el diploe (c).

## 2. Huesos largos.

En huesos largos también puede verse el fenómeno de biselado o defecto troncocónico descrito en el cráneo. Así pues y en general, son aplicables las mismas reglas de estudio. A más grosor cortical, más posibilidades de identificar la lesión primaria (punto de impacto), troncocono, y con ello inferir la dirección, y patrón de fracturas radiadas – intersección caso de múltiples impactos.

Las lesiones por proyectil de arma de fuego en hueso largo pueden presentarse como lesiones simples (orificios, canales o surcos), fracturas en mariposa, o con mayor frecuencia, fracturas conminutas (Leffers y Chandler 1985; Smith y Wheatley 1984), estas últimas más probables a más energía cinética y con mayor dificultad de estudio por ir frecuentemente asociadas a pérdida de material óseo y ser de difícil reconstrucción. Como siempre, se impone su consolidación, ensamblado de fragmentos y análisis del patrón resultante (Fig. 8).

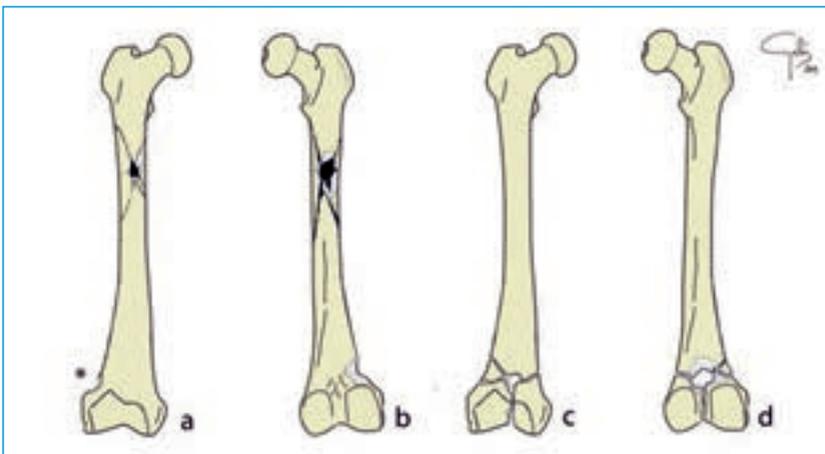


Figura 8. Lesiones por proyectil de arma de fuego en hueso largo. Se muestran diferentes morfologías: fractura en conminuta del tercio proximal de la diáfisis femoral con entrada en cara anterior (a) y salida en cara posterior (b); lesión simple con defecto en semiluna a nivel de metafisis con entrada en cara anterior (a, asterisco) y salida posterior (b); fractura conminuta de epífisis distal con respectiva entrada (c) y salida (d).

A nivel de las epífisis, por la mayor concentración de tejido esponjoso, es más frecuente que se produzcan orificios o canales bien definidos. La capacidad para disipar la energía es mayor y el tejido ofrece poca resistencia a la penetración. Por contra, a nivel de las diáfisis, son más comunes las fracturas en mariposa o conminutas. El efecto de la onda de choque sobre la cavidad medular provocará una mayor presión hidráulica, y con ello un efecto más devastador y conminuto (Panagiotis et al., 2014).

### 3. Huesos planos.

Por sus particularidades, hemos diferenciado el cráneo a pesar de tratarse de un hueso plano. En este apartado nos referiremos a escápula, esternón y coxal. En estos huesos, a menor espesor cortical, menos biselado marginal, por tanto menor probabilidad de observar un orificio troncocónico. El paradigma es el cuerpo de la escápula (Fig. 9), donde con frecuencia es muy difícil sacar conclusiones definitivas ya no tan solo sobre la dinámica de la lesión, sino de la naturaleza del defecto (perimortem & postmortem). No obstante, como cualquier tipo de lesión esquelética, se recomienda siempre su reconstrucción para poder obtener conclusiones definitivas. En el caso de huesos planos con mayor espesor de hueso esponjoso (por ejemplo pelvis, Fig. 10), la reconstrucción puede ayudar a identificar canales o surcos con la morfología característicamente troncocónica, útil para establecer la naturaleza de la lesión y la dirección del disparo.

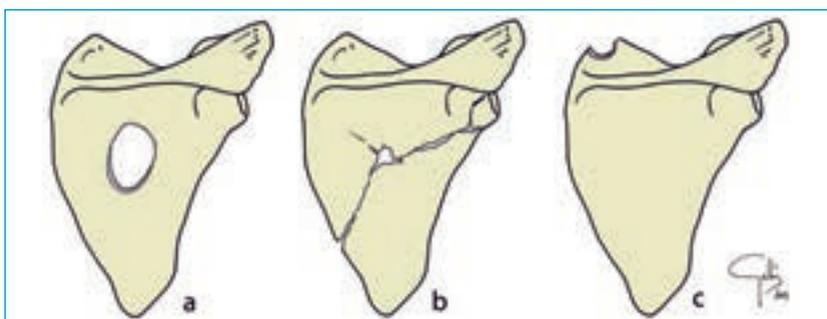


Figura 9. Lesiones por proyectil de arma de fuego en escápula. Se muestran diferentes morfologías: defecto ovalado con bisel de salida (a); entrada con fractura radiada en cuerpo de escápula (b); defecto en semiluna con biselado de salida en el ángulo superior de la escápula (c).

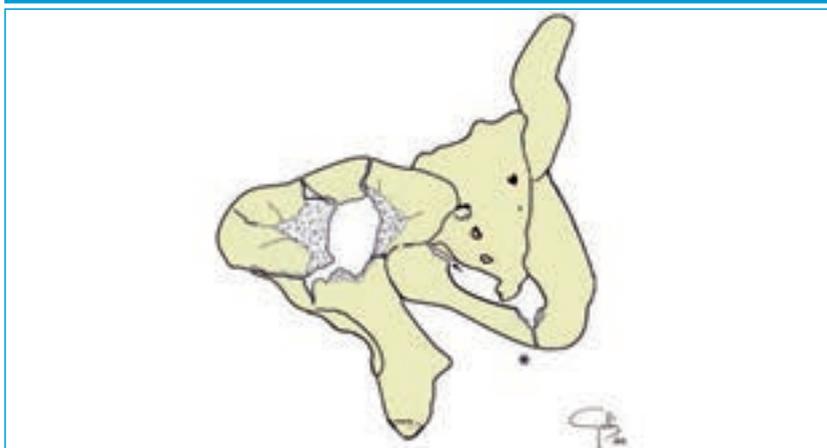


Figura 10. Lesiones por proyectil de arma de fuego en pelvis: orificio de salida en coxal izquierdo asociada a fractura conminuta y orificio de salida en semiluna (asterisco) en isquion derecho asociado a fractura superior (asterisco) e inferior de rama púbrica.

#### 4. Costillas.

Las costillas con frecuencia muestran fracturas irregulares, difíciles de interpretar y diferenciar de fenómenos tafonómicos, sobretudo en casos de restos ya esqueletizados y de cierta evolución temporal. La diferenciación entre traumatismo contuso y por arma de fuego es compleja y es un tema no bien resuelto en antropología forense. No obstante, en ocasiones, un detallado examen del margen costal puede poner de manifiesto defectos en semiluna que a diferencia de las fracturas completas de los arcos, sí son bastante sugestivos de paso de un proyectil (Fig. 11). El estudio de sus márgenes y en concreto de la dirección de las espículas óseas asociadas puede ayudarnos a interpretar la dirección del proyectil (entrada o salida) (Ubelaker, 1989; Subirana et al., 2008).

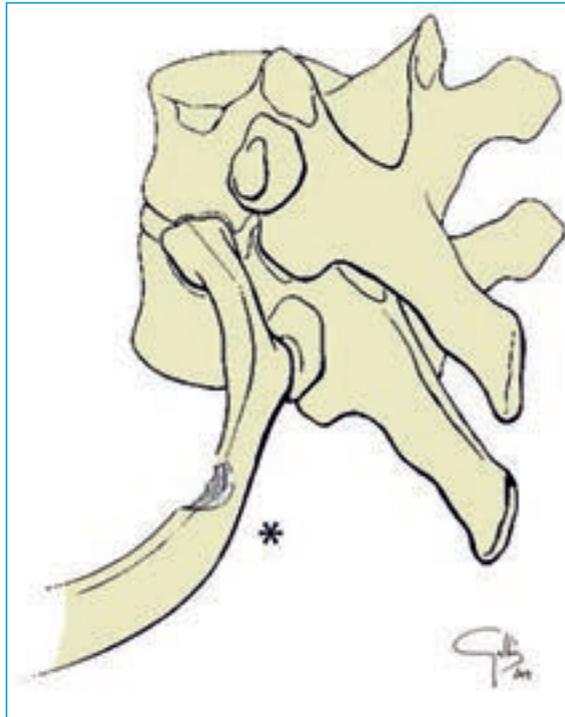


Figura 11. Lesión en semiluna en arco costal posterior, sugestivo del paso del proyectil de arma de fuego.

#### 5. Vertebras.

Las vértebras están integradas prácticamente en su totalidad por tejido esponjoso, por lo que la interpretación de las lesiones por proyectil de arma de fuego es difícil. A menudo nos encontramos con fragmentación del cuerpo vertebral y fracturas del muro posterior a diferentes niveles (Fig.12). Puede resultar útil el estudio de la cortical de los pedículos o láminas, lugares donde ésta es más gruesa y, por tanto, más informativa. Al igual que las costillas, puede tratarse de lesiones indirectas, secundarias a la onda de choque que acompaña al paso del proyectil (Dougherty, 2011; Kieser, 2012; Kieser, 2013).

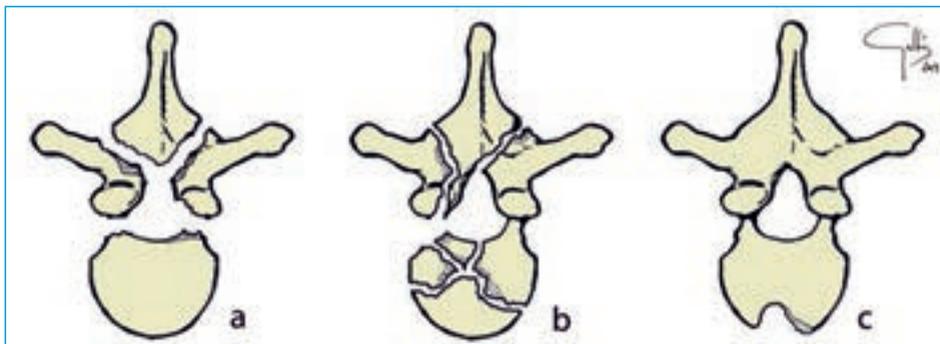


Figura 12. Lesiones por proyectil de arma de fuego en vértebra. Se muestran diferentes morfologías: fractura conminuta de muro posterior (a); fractura conminuta generalizada (b); fractura o surco en cuerpo vertebral (c). (a) y (b) pueden ser causados directa o indirectamente. (c) implica una acción lesiva directa por proyectil dotado de baja energía.

### C) LESIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ARMA.

Los proyectiles de baja velocidad (usualmente por debajo de los 500 m/s), van asociados a un menor número de fracturas en el punto de entrada, y es más común en estos casos observar deformación plástica de los fragmentos fracturados. Comparativamente, los proyectiles de alta velocidad (superior a 500-600 m/s) van asociados a un patrón de fractura más “explosivo”, conminuto, con gran presencia de esquirlas óseas y mayor frecuencia de fracturas longitudinales a lo largo de las diáfisis.

Radiológicamente, ambos tipos de proyectiles también se comportan de manera distinta: en proyectiles de baja velocidad, los restos metálicos asociados a la fragmentación del proyectil suelen ser de mayor tamaño y localizados mayoritariamente en el área de entrada, mientras que los fragmentos de proyectiles de alta velocidad son de pequeño tamaño y provocan una imagen característica en “tormenta de nieve” a lo largo del trayecto (DiMaio, 1998).

En el caso de las escopetas de proyectil múltiple, disparos cercanos van a producir un efecto muy destructivo, con fracturas extensas y conminutas. Se produce el denominado fenómeno de “bola de billar”: en los disparos a muy corta distancia, antes que la columna de perdigones se disperse, el conjunto agrupado impacta contra la superficie y provoca que los primeros proyectiles se desaceleren y reboten contra otros dispersándose rápidamente y abriendo el cono tal cual cuando una bola de billar golpea a un conjunto de bolas agrupadas. La consecuencia de este fenómeno es una lesión de entrada más amplia, con una mayor dispersión de los proyectiles de lo esperado para la distancia del disparo (Smith y Symes, 2007). Por último, asociado a estas lesiones por proyectiles múltiples, sus improntas pueden ser visibles en la tabla interna a modo de pequeñas marcas redondeadas grises, sirviendo su localización y patrón, para esclarecer aspectos como la dirección y mecánica del disparo, particularmente útil en estos casos donde el díploje presentará grandes fracturas, incluso pérdida de sustancia.

## 5. PARTICULARIDADES DEL ESTUDIO DE LAS LESIONES POR PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO EN EL CADÁVER RECIENTE.

Las propiedades mecánicas del tejido óseo hacen de esta estructura un excelente material para caracterizar lesiones y en particular inferir el instrumento responsable de las mismas. Su potencial ha motivado que en la actualidad, el estudio antropológico complementa el trabajo del patólogo forense sobre el cadáver fresco, especialmente en casos en los que el estudio convencional plantea dudas diagnósticas o limitaciones.

En estos casos, el estudio complementario requiere de un proceso previo de esqueletización. Los métodos de esqueletización pueden clasificarse en físicos (maceración, cocción, exposición e inhumación), químicos (enzimáticos, cáusticos) y biológicos (uso de artrópodos) (Galtés, 2015). No existe un método de esqueletización ideal. Cada método tiene sus ventajas y desventajas que a la vez están en función del tipo de caso, estado del material, recursos, instalaciones disponibles e incluso del profesional que lo maneja. No obstante, si hubiera que enumerar las características óptimas para la aplicación sistemática al ámbito forense estas serían: rapidez, simplicidad técnica, económico, seguro, inocuo y que permita una buena definición de las lesiones, sin inducir artefactos.

El método más extendido y que se ajusta a este perfil es la cocción o maceración-cocción. Aunque puede emplearse únicamente agua, en general suele combinar otros productos tales como detergentes, enzimas, blanqueantes y desengrasantes (Tabla 1). Desde el punto de vista técnico, es un método sencillo y las exigencias están al alcance de cualquier profesional. Parte siempre de un proceso de descarnado manual previo, eliminando al máximo las partes blandas mediante instrumentos de corte y evitando lesionar el hueso. Exige la disponibilidad de una cocina fija o preferiblemente portátil, un sistema de extracción-ventilación adecuado y ollas de distintos tamaños que permitan ajustarnos al volumen a esqueletizar. Este método resulta ideal por su seguridad, simplicidad técnica y rapidez.

El estudio antropológico de las lesiones por proyectil de arma de fuego como complementario a la autopsia convencional, permite contrastar la información obtenida a partir de las partes blandas y proporcionar datos adicionales en relación al tipo de proyectil y su mecanismo de acción, lo cual es especialmente interesante en casos dudosos o que han sufrido algún tipo de manipulación quirúrgica.

## 6. PARTICULARIDADES DEL ESTUDIO DE LAS LESIONES POR PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO EN EL CADÁVER EN MAL ESTADO.

Bajo el concepto de *cadáver en mal estado* se incluyen, de manera amplia, el cadáver en avanzado estado de descomposición (fase colicuativa o de descomposición activa), o que ha sufrido un proceso de conservación, el cadáver descuartizado o fragmentado y el carbonizado. En este sentido, aunque clásicamente se ha relacionado este concepto de “mal estado” con el cadáver en descomposición, actualmente se incluyen todos aquellos casos en los que las partes blandas no son informativas o su estudio está muy limitado, siendo necesario recurrir al hueso como mejor evidencia disponible.

Aplicado al caso de las lesiones por proyectil de arma de fuego, hay que destacar los siguientes aspectos de utilidad en su diagnóstico y caracterización:

- (a) Interpretación de un patrón de descomposición irregular. Implica una descomposición prematura o desproporcionada de una o varias áreas del cuerpo. Rodríguez y Bass (1983), se refieren a este concepto para definir cualquier anomalía en el patrón de

descomposición esperado. Para estos autores, un patrón irregular siempre debe ser interpretado pues siempre va a dar una pista relacionada con las circunstancias de la muerte. En el caso de las lesiones por arma de fuego, su presencia puede manifestarse por una mayor aceleración en la descomposición. No obstante, hay estudios que apuntan a un efecto contrario, evidenciándose un retraso o ausencia de colonización en las zonas lesionadas por la presencia de los elementos químicos asociados al residuo del disparo (Haglund y Sorg, 2006).

- (b) A parte de estos factores que condicionan una aceleración en la descomposición, también podemos encontrarnos con el efecto contrario: la conservación cadavérica. La presencia de elementos metálicos procedentes del residuo del disparo asociados a los tejidos, puede facilitar la conservación loco-regional de los mismos al actuar como inhibidores de la actividad bacteriana (Rodríguez y Bass, 1983; Rodríguez, 2006; Gill-King H. 2006).
- c) En el caso de restos inhumados o en superficie, es fundamental el cribado y análisis del terreno a fin de recopilar cualquier elemento indiciario asociado, en este caso proyectiles y otros indicios balísticos. En esta tarea puede resultar útil el empleo de detectores de metales o análisis químicos del terreno en lo que ya se denomina “autopsia del suelo”, como pieza clave en el estudio tafonómico del caso (Dirkmaat y Adovasio, 2006).
- (d) Hay que tener en cuenta los artefactos provocados por fauna cadavérica, algunos con mayor interés para el estudio de las lesiones por arma de fuego (Haskell et al., 2006): defectos cutáneos tafonómicos que plantean el diagnóstico diferencial con lesiones penetrantes; posibilidad de desplazar pequeños elementos, como proyectiles u otros elementos balísticos, por efecto de la masa larvaria; formación de “pseudomanchas” provocadas por excrementos de díptero o el desplazamiento de los insectos empapados en sangre u otros fluidos; acción voraz de la masa larvaria con distorsión de la morfología externa de las lesiones o interferencia en los residuos de disparo.
- (e) La práctica de una radiología seriada del cuerpo siempre es obligada ante la sospecha de una lesión por arma de fuego, pero es especialmente útil en el cadáver en mal estado, donde ya de por sí estaremos ante una evidencia parcial. El estudio debe realizarse antes de cualquier manipulación, para descartar la presencia de proyectiles ocultos en las ropas o coberturas del cadáver. En ocasiones, puede ser útil radiografiar individualmente estos elementos, o incluso la tierra asociada a los restos, en búsqueda de evidencias balísticas.
- (f) El estudio externo e interno debe ser complementado con una esqueletización y estudio antropológico de las lesiones óseas. Hay que prestar particular atención a los márgenes de las costillas y tratar de reconstruir siempre todas las lesiones, por conminutas que sean, ya que ofrecerán un gran potencial diagnóstico.

Método	Protocolo	Referencia*
Bórax con lejía	Agua más 1-2 tazas de bórax y una taza de lejía. Varias cocciones hasta esqueletizar.	Boyle
Calgón (hexametáfosfato sódico)	1 l de agua con 2g de Calgón durante 4 h	Laboratorio Antropología Universidad de Granada
Lejía y detergente	1 taza de lejía por 1 galón de agua más detergente y posterior limpiado con agua	Nawrocki (1997)
Enzimas activos más bórax	Solución de enzimas activos más bórax a 75-80°C y controlando cada 30'-1h hasta total esqueletización	Nawrocki (1997)
Cocción con vapor	Cocción en cámara de vapor en periodos de 2-3h hasta total descarnamiento. Posterior maceración en lejía doméstica 15-30'	Mann y Berryman (2011)
"Antiformin solution"	150g de carbonato sódico más 100g de polvos blanqueadores por 1l de agua (posibilidad de sumar 1l de lejía al 15%). Retirar, limpiar, secar y desengrasar.	Snyder et al. (1975)
Detergente más carbonato sódico (detergente enzimático y blanqueante para ropa)	Detergente en polvo con enzimas activos (20cc/2l agua) más carbonato sódico (20cc/2l agua) manteniendo cocción no superior a los 90°C	Fenton et al. (2003)
Agua con lejía 25%	Cocción controlada hasta esqueletizar	Rennick et al. (2005)
Agua	Ebullición 100°C	Steadman et al. (2006)
Agua	Ebullición 100°C en marmita de cuerpo entero	Unidad de Antropología Forense (IMLC)
Calgonit (lavavajillas)	Maceración en agua durante unos días previa cocción con agua y 2 4 tabletas de Calgonit (1ª ½ <100°C y 2ª ½ 100°C) Cocción con agua hasta el punto de ebullición con Calgonit (1 cucharada) con controles cada hora hasta total esqueletización	Unidad de Antropología Forense (IMLC) Laboratorio Antropología Forense. Instituto Anatómico Forense de Madrid
Fairy o similar (detergente desengrasante)	Cocción con agua y detergente (Fairy o similar) 80°C mínimo 24 horas en marmita de cuerpo entero.	Laboratorio Antropología Forense. Universidad Complutense de Madrid
Cocciones y maceraciones sucesivas	Cocciones y maceraciones sucesivas hasta la total esqueletización: (1ª) Cocción agua 95-105°C, 3-4h y macerado 12-18h. (2ª) Cocción agua 100°C, 3 4h y macerado 12-18h. (3ª) Cocción agua y hexametáfosfato (5g/l), 30-60°C, 24h.	Unidad de Antropología Forense (IMLGA)

Tabla 1: Resumen de los principales métodos basados en la cocción.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

1. AGRAWAL A. Essentials of Forensic Medicine and Toxicology. APC Books. Delhi, 2014.
2. BARTLETT C. Clinical update: gunshot wound ballistics. *Clinical Ortho Rel Research* 2003;408:28–57.
3. BERRYMAN HE, SMITH OC, SYMES SA. Diameter of cranial gunshot wounds as a function of bullet caliber. *J Forensic Sci* 1995;40(5):751-4.
4. CARR DJ, STEVENSON T, MAHONEY PF. The use of gelatine in wound ballistics research. *Int J Legal Med* 2018;132(6):1659-64.
5. COE JI. External beveling of entrance wounds by handguns. *Am J Forensic Med Pathol* 1982;3(3):215-9.
6. DIMAIO VJM. Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques. CRC press. Boca Raton, 1998.
7. DIRKMAAT DC, ADOVASIO JM. The role of archeology in the recovery and interpretation of human remains from an outdoor forensic setting. En: *Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains*. Haglund WD y Sorg MH (Eds). CRC Press. Boca Raton, FL. 2006. pp39-64.
8. DODD MJ. Terminal Ballistics: A Text and Atlas of Gunshot Wounds. CRC Press. London, 2014.
9. DOUGHERTY PJ, SHERMAN D, DAU N, BIR C. Ballistic fractures: indirect fracture to bone. *J Trauma Acute Care Surg* 2011;71:1381–4.
10. ETXEBERRIA F. Heridas por arma de fuego: problemas médico-forenses. *Kirurgia* 2005;2(4).
11. FACKLER ML, SURINCHAK JS, MALINOWSKI JA, BOWEN RE. Bullet fragmentation: a major cause of tissue disruption. *J Trauma* 1984; 24:35–9.
12. GALTÉS I. Estudio médico-forense del cadáver en mal estado. En: González J y Gutiérrez-Hoyos A (Eds). *Rioja Salud. Logroño*, 2013. pp113-26.
13. GALTÉS I. Técnicas de esqueletización. En: *Atlas de Antropología Forense. Correlaciones desde la patología Forense*. Sociedad de Ciencias Aranzadi. 2015. pp15-32.
14. GILL-KING H. Chemical and ultrastructural aspects of decomposition. En: *Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains*. Haglund WD y Sorg MH (Eds). CRC Press. Boca Raton, FL. 2006. pp93-108.
15. HAGLUND WD, SORG MH. *Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains*. CRC Press. Boca Raton, FL. 2006.
16. HARRUFF RC. Comparison of contact shotgun wounds of the head produced by different gauge shotguns. *J Forensic Sci* 1995;40(5):801-4.
17. HASKELL NH, HALL RD, CERVENKA VJ, CLARK MA. On the body: insect's life stage presence and their postmortem artifacts. En: *Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains*. Haglund WD y Sorg MH (Eds). CRC Press. Boca Raton, FL. 2006. pp415-48.
18. KARGER B. Forensic ballistics. *For Pat Rev* 2008; 5:139–72.
19. KIESER JA, TAHERE J, AGNEW C, KIESER DC, DUNCAN W, SWAIN MV, REEVES MT. Morphoscopic analysis of experimentally produced bony wounds from low-velocity ballistic impact. *Forensic Sci Med Pathol* 2011; 7:322–32.
20. KIESER J, TAYLOR M, CARR D. *Forensic Biomechanics*. John Wiley & Sons Inc. New York, 2012.
21. KIESER DC, CARR DJ, HORSFALL I, THEIS JC, KIESER JA, SWAIN MV. Indirect ballistic skeletal fracture: can your femur fracture even if a bullet doesn't hit the bone? *Wound Ballistics*. Defence Academy of the United Kingdom. Shrivenham, Wiltshire, 2012.
22. KIESER DC, CARR DJ, LECLAIR SCJ, HORSFALL I, THEIS JC, SWAIN MV, KIESER JA. Gunshot induced indirect femoral fracture: mechanism of injury and fracture morphology. *J R Army Med Corps* 2013; 159:294–9.

23. KNEUBUEHL BP. Basics. En: *Wound Ballistics Basics and Applications*. Kneubuehl BP (Ed). Springer-Verlag. Berlin, 2011. pp3-86.
24. LEFFERS D, CHANDLER RW. Tibial fractures associated with civilian gunshot injuries. *J Trauma* 1985;25(11):1059-64.
25. MAIDEN N. Ballistics reviews: mechanisms of bullet wound trauma. *Forensic Sci Med Pathol* 2009;5(3):204-9.
26. ORDOG GJ, WASSERBERGER J, BALASUBRAMANIAM S. Wound ballistics: theory and practice. *Ann Emerg Med* 1984;13(12):1113-22.
27. PANAGIOTIS K, GEORGIOS F, KONSTANTINOS F, DIMITRIOS G. Gunshot wounds: A review of ballistics related to penetrating trauma. *J Acute Dis* 2014;178-185.
28. PRIETO JL. Modelos internacionales de organización y trabajo en Antropología Forense. En: González J, 24. Gutiérrez-Hoyos A (Eds). *Rioja Salud. Logroño*, 2010. pp91-106.
29. QUATREHOMME G, IŞCAN MY. Characteristics of gunshot wounds in the skull. *J Forensic Sci* 1999;44(3):568-76.
30. REICHS KJ. *Forensic osteology: advances in the identification of human remains*. Charles C Thomas. Springfield, Illinois, 1997.
31. RODRIGUEZ WC, BASS WM. Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in East Tennessee. *J For Sci* 1983;28:423-32.
32. RODRIGUEZ WC. Decomposition of buried and submerged bodies. En: *Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains*. Haglund WD y Sorg MH (Eds). CRC Press. Boca Raton, FL. 2006. pp459-67.
33. ROTHSCCHILD MA. Wound ballistics and forensic medicine. En: *Wound Ballistics Basics and Applications*. Kneubuehl BP (Ed). Springer-Verlag. Berlin, 2011. pp252-303.
34. SCHEIRS S, HEVINK B, ORTEGA-SÁNCHEZ M, JORDANA X, MCGLYNN H, RODRIGUEZ-BAEZA A, MALGOSA A, GALTÉS I. Intra vitam trauma pattern: changing the paradigm of forensic anthropology? *Int J Legal Med* 2019;133(2):661-8.
35. SELLIER KG, KNEUBUEHL BP. *Wound Ballistics and the Scientific Background*. Elsevier. Amsterdam, 1994.
36. SIMON SR. *Ciencias básicas en ortopedia*. American Academy of Orthopaedic surgeons. Medical Trens. Barcelona, 1997.
37. SMITH HW, WHEATLEY KK JR. Biomechanics of femur fractures secondary to gunshot wounds. *J Trauma* 1984;24(11):970-7.
38. SMITH OC, SYMES SA. Ballistic bone trauma. Advanced course on methods for bone trauma analysis. Department of Anthropology, July 9-10 Coimbra, Portugal. Forensic Anthropology Society of Europe (FASE), 2007. pp 2-3.
39. SPITZ W. Gunshot Wounds. En: *Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation*. Spitz W, Fisher R (Eds). Charles C Thomas. Springfield, Illinois. pp216-75.
40. STEFANOPOULOS PK, PINIALIDIS DE, HADJIGEORGIOU GF, FILIPPAKIS KN. Wound ballistics: the mechanisms of soft tissue wounding by bullets. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2017;43(5):579-86.
41. SUBIRANA M, GALTÉS I, MALGOSA A. Lesiones costales en antropología forense. *Cuad Med For* 2008;251-68.
42. UBELAKER DH. *Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation*. Taraxacum, Washington, D.C. 1989.
43. WATERS CJ. Gunfire injuries. En: *Skeletal Trauma*. Kimmerle EH, Baraybar JP (Eds). CRC Press. Boca Raton, 2008. pp385-400.

# 5

**Técnicas de  
análisis de  
los residuos  
de disparo.**

# Técnicas de análisis de los residuos de disparo.

ANA MARÍA PÉREZ CAO.<sup>1</sup>

## 1. INTRODUCCIÓN.

La investigación de los residuos de disparo constituye un área de la criminalística altamente especializada que ha sufrido una progresiva evolución gracias al desarrollo de las técnicas instrumentales.

Cuando se dispara un arma se producen una serie de residuos que son el resultado de las reacciones químicas derivadas de la detonación del fulminante y la deflagración de la pólvora. El disparo comienza cuando la aguja percutora golpea la base del cartucho, donde se encuentra contenido el fulminante. En este momento los componentes de la mezcla iniciadora detonan y producen una llama que entra en contacto con la pólvora provocando su deflagración. En todo este proceso se alcanzan temperaturas del orden de los 1500 a 2000 grados y presiones de unos  $10^4$  kPa y todo ello sucede en cuestión de 0,2 ms. El resultado es la generación de una gran cantidad de gases que hace que la vaina se dilate y libere al proyectil, que es empujado hacia el interior del ánima del arma a gran velocidad.

En realidad, podríamos resumirlo como una progresión de reacciones químicas que tienen lugar en milisegundos, generando presiones y temperaturas muy elevadas y cuyo objetivo final es liberar el proyectil para abatir una pieza en el caso de la caza, detener a un sujeto en actos policiales o militares y para fines deportivos.

En este proceso los diferentes componentes del cartucho no se consumen en su totalidad y, junto con el proyectil, sale una nube de gases y residuos constituida por productos de la combustión de la pólvora, partículas de pólvora parcialmente quemada, restos metálicos procedentes del proyectil, de la vaina y del interior del ánima y partículas metálicas microscópicas procedentes del fulminante. Esta nube puede depositarse en el blanco, así como en las superficies próximas a la descarga del arma, incluidas las manos, el pelo, la cara y las ropas de la persona que dispara. Su alcance es limitado y depende de factores tales como el tipo de arma, longitud del cañón, munición, condiciones ambientales, etc.

En general los residuos de disparo se clasifican en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos proceden de la pólvora y sus aditivos, mientras que el origen de los inorgánicos es múltiple, pero mayoritariamente proceden de la mezcla iniciadora.

Las mezclas iniciadoras han ido evolucionando a lo largo de la historia. Inicialmente contenían sales de mercurio, pero resultaron ser altamente corrosivas y fueron sustituidas por los fulminantes Sinoxid que contienen sales de plomo, antimonio y bario. Esta mezcla iniciadora es la habitual en la cartuchería actual, no obstante, la elevada toxicidad y poder contaminante del plomo, ha propiciado el diseño de otras mezclas libres de plomo denominadas genéricamente nontox. La más habitual es la munición Sintox cuyo fulminante está compuesto de sales de titanio y zinc, pero hay otras muchas con composiciones variables. Recientemente se han diseñado fulminantes dopados con tierras raras para uso exclusivamente policial.

La mayoría de las técnicas aplicadas al estudio de los residuos de disparo se dirigen a la identificación y cuantificación de los residuos inorgánicos, si bien hay una fuerte tendencia a introducir el análisis de los residuos orgánicos.

1. Facultativo del Servicio de Criminalística del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Departamento de Madrid.

El desarrollo de las técnicas instrumentales ha hecho que contemos con toda una batería de posibilidades analíticas. La elección de unas u otras dependerá fundamentalmente de cuál sea nuestro objetivo, pero también tendrá en cuenta factores tales como disponibilidad, simplicidad, sensibilidad, especificidad, coste, tiempo de preparación y ejecución, peligrosidad y capacidad de conservación de la muestra.

En la investigación de los residuos de disparo hay dos objetivos fundamentales: El estudio de la distancia de disparo y la identificación del autor y el abordaje de cada uno de ellos es totalmente diferente.

## 2. TÉCNICAS APLICADAS A LA ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA DE DISPARO.

La estimación de la distancia de disparo es de extrema importancia para hacer una reconstrucción de los hechos y se basa en el conocimiento del patrón del disparo en el orificio de entrada, es decir saber si ha habido alcance y depósito de la nube de gases y residuos de disparo en el blanco y de ser así, conocer la forma, la distribución y la densidad de los residuos en el orificio de entrada [1].

El primer paso es el estudio del orificio con el ojo desnudo. Sin entrar a valorar la morfología de la herida, que es de gran interés, la observación a simple vista puede dar una idea aproximada de la presencia o no residuos y ver cómo se distribuyen [2].

El segundo paso sería un estudio óptico con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Con él podremos ver aquellas pequeñas partículas que no son visibles a simple vista, pero que pueden ser identificadas como residuos de disparo, como son el negro de humo, partículas de pólvora parcialmente quemada, pequeños fragmentos del proyectil o de la camisa del mismo, etc. Es importante constatar la cantidad y localización de las mismas.

Una vez que tenemos una visión global del patrón de nuestro orificio comenzaremos a aplicar las técnicas disponibles.

### A) DETECCIÓN DE PÓLVORA.

#### 1. Prueba de la difenilamina.

Lo que en realidad se busca es la detección de los nitritos presentes en la pólvora. Se trata de una reacción *in situ* y tiene aplicación en el estudio de las heridas y también en las ropas, pero precisa de la localización previa de la partícula.

La técnica es simple, una vez localizada la partícula sospechosa se aísla con unas pinzas y se enfrenta con difenilamina sulfúrica. Los restos nitrito de la pólvora oxidan a la difenilamina y la partícula se tiñe de azul.

Esta reacción es la base de lo que se conoce como “*guante de parafina*”, que consistía en aplicar parafina líquida sobre las manos de un sospechoso de haber disparado un arma. Cuando se enfriaba se retiraba el molde de la mano y se revelaba con difenilamina. Esta prueba dejó de utilizarse debido a que daba resultados falsos positivos con nitritos procedentes de muchas fuentes ajenas a un disparo. Sin embargo, sí es de utilidad para confirmar la naturaleza de una partícula que morfológicamente tiene aspecto de pólvora y que ha sido extraída de una herida o de una ropa.

La identificación de pólvora en un orificio de entrada en sí misma no permite hacer una

estimación de la distancia de disparo, pero sí tener la certeza de que ha habido alcance de residuos de disparo, y por tanto descartar un disparo a larga distancia.

## 2. Cámaras digitales de infrarrojo.

Una posibilidad para la detección de pólvora es la utilización de cámaras digitales de infrarrojo dotadas de filtros especiales [3, 4]. Se trata de un método preliminar no destructivo que permite ver el patrón de distribución de la pólvora alrededor del orificio de entrada.

## 3. Comparador video espectral (VSC).

El VSC es un instrumento diseñado para el estudio de tintas, no obstante, se ha propuesto como una opción no destructiva en la detección de pólvora sobre ropas, especialmente cuando son de color oscuro [5, 6]. El equipo consta de una cámara para introducir la muestra, diferentes fuentes de energía radiante que cubren el rango del visible, ultravioleta e infrarrojo, una serie de filtros, cámaras CCD y un sistema de medición de reflectancia, transmisión y fluorescencia. La pólvora da una respuesta fluorescente cuando se ilumina con luz dentro del rango del infrarrojo cercano.

El VSC puede ser de utilidad para observar el patrón de distribución de la pólvora alrededor del orificio de entrada, pero tiene una serie de limitaciones. Lake et al [5] indican que la sangre, la tierra y las arrugas pueden enmascararla, que hay materiales que dan una señal similar a la de la pólvora y que algunos tipos de pólvora no son visibles con el VSC. Sin embargo, Atwater et al no encuentran efecto de la sangre sobre su visualización en tejidos oscuros [6].

## B) IMPRESIONES QUIMIOMIÓGRAFICAS.

La distribución espacial de los residuos en un orificio de entrada puede obtenerse mediante pruebas quimiográficas. Consisten en hacer una transferencia secundaria de los residuos a un soporte, ya sea papel de filtro especial, papel fotográfico desensibilizado, papel de celofán o film adhesivo. Este material se trata después con un reactivo indicador, obteniéndose una coloración específica que refleja la distribución del elemento en cuestión alrededor del orificio de entrada.

Hay diferentes pruebas y todas ellas buscan residuos inorgánicos. Son pruebas cualitativas, pero tienen una sensibilidad elevada y, en función de la intensidad del revelado, pueden dar una idea muy aproximada de la densidad y distribución del depósito de residuos.

### 1. Método de Walker y Griess modificado.

Esta prueba detecta partículas de pólvora presentes alrededor de un orificio de entrada mediante procedimientos de extracción y revelado sobre un papel fotográfico.

Se basa en la reacción de los restos nitrito de la pólvora con la alfa-naftilamina en presencia de ácido sulfanílico y ácido acético. Los restos nitrito dan una coloración naranja intensa.

Es un método sensible y proporciona una imagen de la presencia y distribución de la pólvora alrededor del orificio de entrada. Sólo se puede aplicar sobre telas, no sobre heridas, por lo que su utilidad queda limitada a aquellos orificios de disparo localizados en zonas cubiertas por ropas.

Griess introdujo una modificación del método utilizando alfa naftol, de toxicidad

marcadamente inferior a la de la alfa naftilamina, de ahí que en la actualidad se utilice el método corregido [7]. Es un procedimiento de uso cotidiano en los laboratorios de criminalística de todo el mundo.



Foto 1. Prueba de Griess modificada.

## 2. Detección de plomo.

Hay dos pruebas quimiográficas que permiten detectar plomo.

### a) Prueba de Leszcynski y Hoffman.

Se basa en la reacción del plomo con el sulfuro de sodio en un medio ácido. Fue desarrollada por Leszcynski [8] y posteriormente mejorada por Hoffman [9]. La muestra se pone en contacto con un papel impregnado de ácido acético y se ejerce presión para transferir el plomo al papel. Para el revelado se utiliza sulfuro de sodio que reacciona con el plomo, dando lugar a la formación de sulfuro de plomo, de color marrón negrozco. Se obtiene una imagen semicuantitativa de la distribución de este metal sobre el blanco.

También se puede revelar bario si se utiliza dicromato de sódico o potásico. Se forma entonces un dicromato de bario que tiene una coloración amarillenta.

Este método no funciona bien en muestras manchadas de sangre y puede dar lugar a errores diagnósticos si el examinador no está bien formado.

### b) Prueba del rodizonato.

La prueba quimiográfica más utilizada en los laboratorios de criminalística es la prueba del rodizonato sódico para el revelado plomo y bario [10]. Este procedimiento ha sufrido múltiples modificaciones que han contribuido a mejorar su sensibilidad [11, 12] La transferencia se hace mediante presión de la muestra sobre un papel de filtro tipo Whatman impregnado en ácido acético. Este papel se revela con una solución saturada de rodizonato

sódico en un buffer tartárico. Se obtiene una coloración azul con el plomo y rosada con el bario. Cuando la muestra problema es blanca se puede practicar directamente sobre la tela.

Es una técnica sencilla, rápida y muy sensible, su límite de detección está de alrededor de una parte por millón. Además, se ve menos afectada por la sangre que el método de Hoffman.

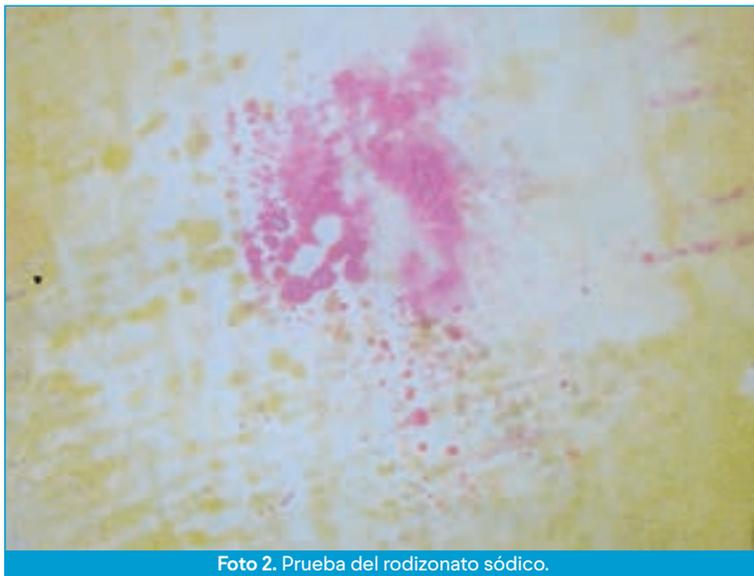


Foto 2. Prueba del rodizonato sódico.

### 3. Detección de zinc.

Las pruebas de detección de plomo y bario son aplicables a fulminantes Sinoxid, pero no a municiones Sintox cuyo fulminante se basa en las sales de titanio y zinc. Cuando hay sospecha de que se trata de una munición de estas características se pueden aplicar varios reactivos que revelan zinc como son el clorindazol, el zircón y la ditizona [13, 14]. El método es similar a los anteriores, es necesario hacer una transferencia a un soporte y luego revelar con el reactivo pertinente.

Se han desarrollado otros métodos quimiográficos para el revelado de otros metales, pero son de uso ocasional.

### C) FLUORESCENCIA DE RAYOS X.

Los métodos quimiográficos son sensibles, rápidos y fáciles de realizar, pero a veces no ofrecen los resultados deseados debido a que las ropas están muy manchadas de sangre, o impregnadas de tierra o putrúlagos y la transferencia del metal al soporte es ineficaz. Por otro lado, no son de utilidad para la detección de titanio, potasio, estroncio o gadolinio procedentes de municiones libres de plomo y para los que no se dispone de reactivos indicadores apropiados.

Una alternativa podría ser la fluorescencia de rayos X, basada en la medición de la fluorescencia emitida por un elemento cuando es excitado con un haz de rayos X. Con esta técnica podemos detectar los elementos que nos interesan de forma simultánea y obtener un

mapa de distribución espacial para cada uno de ellos similar al obtenido con los métodos quimiográficos.

Se han utilizado diversas variantes como la fluorescencia convencional [15], la micro-fluorescencia [16] y la mili-fluorescencia [17, 18, 19]. Las diferencias fundamentales entre ellas estriban en la resolución y el tiempo de análisis. La fluorescencia tiene un tiempo de análisis no muy elevado, sin embargo, no es capaz de detectar partículas menores de 10 micras [16]. Podría ser de interés en disparos realizados a distancias cortas, pero por encima de 30 cm de distancia de disparo no es efectiva.

En el caso de la micro-fluorescencia la muestra no precisa ninguna preparación y su resolución es satisfactoria, sin embargo, el tiempo de análisis para una pieza de 20x20 cm es muy elevado, lo que la hace inviable para el trabajo rutinario de un laboratorio.

La técnica que parece ofrecer un mejor compromiso entre sensibilidad y tiempo de análisis es la mili-fluorescencia de rayos X. Su resolución es inferior a la de los métodos quimiográficos y de micro-fluorescencia, pero apropiada para el fin que se persigue y el tiempo de análisis es asumible para una investigación rutinaria de residuos de disparo [17, 19].

Una propiedad muy interesante de la mili-fluorescencia es que es no destructiva, permitiendo practicar después cualquier otro método adicional del que disponga el laboratorio. Además, no necesita preparación de la muestra, la única precaución a tener en cuenta es que el tejido esté lo más plano posible, ya que las arrugas pueden interferir con los resultados. Una ventaja adicional es la posibilidad de estudiar orificios de disparo en piel, dado que los equipos pueden dotarse de un sistema de refrigeración que conserve el tejido biológico durante el periodo de duración del análisis.

El principal inconveniente es que el soporte interfiere en los resultados, siendo necesario hacer una corrección de la matriz. Esto es especialmente importante en aquellos elementos en los que las líneas de intensidad son bajas y las correcciones puedan eliminar su señal [18].

En todo caso esta técnica no sustituye a las técnicas quimiográficas, sino que debe ser considerada como un complemento a las mismas.

#### D) ESPECTROSCOPÍA DE ABLACIÓN LASER (LIBS).

Recientemente se ha propuesto la espectroscopía de ablación laser LIBS como técnica de detección de residuos de disparo [20, 21]. Se basa en la utilización de un láser pulsado de alta energía que se hace incidir puntualmente sobre la muestra, generando un microplasma temporal en su superficie. En este microplasma se producen fenómenos de atomización, ionización y excitación de los elementos y cuando éstos vuelven a su estado fundamental emiten una energía que es característica y medible con un espectrómetro [22] Se trata de una técnica multielemental que permite detectar la mayoría de los elementos de la tabla periódica, lo que la hace adecuada para las municiones nontox, su límite de detección es bajo, permite investigar residuos de disparo sobre cualquier superficie sin necesidad de hacer ninguna preparación previa de la muestra y es mínimamente destructiva.

También se ha propuesto como buena herramienta para la estimación de la distancia de disparo [23, 24], ya que permite obtener mapas de distribución de metales alrededor del orificio de entrada, de modo similar a la mili-fluorescencia de rayos X, pero con menos influencia del soporte sobre el que se encuentran los residuos. Al igual que ésta, es aplicable a heridas, siempre y cuando el sistema esté dotado de una platina Peltier. A día de hoy parece tratarse de una técnica interesante. Los trabajos de validación están en vías de publicación (Alicia Doña comunicación personal).

Todas estas técnicas son semicuantitativas, lo que obtenemos es un mapa de la distribución de los residuos alrededor del orificio de entrada. La intensidad de la coloración, junto con la dispersión nos dan una idea de la distancia de disparo. Los mapas obtenidos se pueden comparar con pruebas experimentales realizadas con el mismo arma y munición. De este modo se puede aproximar la distancia real de la muestra problema.

Otros procedimientos sin embargo no ofrecen un mapa, sino que cuantifican uno o varios elementos.

#### E) ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA (NAA).

La activación neutrónica se ha utilizado para el estudio de metales en la estimación de la distancia de disparo [25, 26] y también en las manos de personas que han disparado un arma [27]. Sin embargo, tiene una serie de desventajas que la hacen poco útil en este campo [28]. No es una técnica específica, sino que analiza la totalidad del elemento en la muestra; no permite detectar plomo; los límites de detección son malos; las muestras tienen que ser irradiadas, por lo que se requiere contar con un reactor como fuente de neutrones; necesita personal altamente especializado y es muy cara y tediosa. Todo ello hace que en la actualidad haya sido reemplazada por otras técnicas más acordes a los requerimientos del laboratorio.

#### F) ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA (AA).

La AA es una técnica cuantitativa que permite analizar plomo, antimonio y bario, entre otros. Al igual que la NAA analiza la totalidad del elemento en cuestión, sin discriminar si procede de un residuo de disparo o es ambiental.

Se ha utilizado para la investigación de residuos de disparo en las manos, pero su falta de especificidad la descarta para este fin. Sin embargo, sí es muy interesante para la estimación de la distancia, puesto que se ha demostrado que existe una relación entre la cantidad de residuos depositados alrededor del orificio de entrada y la distancia a la cual se realiza el disparo [29, 30, 31]. Es especialmente útil cuando el orificio de entrada asienta en una zona corporal no cubierta por ropa, ya que muchas de las técnicas expuestas sólo pueden aplicarse sobre telas.

Consiste en depositar un extracto de la muestra con el analito en el interior de una cámara de grafito, donde se eleva la temperatura hasta conseguir su atomización. Estos átomos absorben la energía suministrada por una lámpara de cátodo hueco, específica de ese elemento. La cantidad de energía absorbida es proporcional a la cantidad de analito presente en la muestra.

Cada elemento se analiza de forma independiente y es necesario contar con una lámpara específica para cada uno de ellos, por lo que el tiempo de análisis es prolongado. Además, es necesario recortar una porción de tejido alrededor del orificio para la extracción del analito, con la consiguiente destrucción parcial de la muestra. Sin embargo, es una técnica sensible, poco costosa y de fácil ejecución y proporciona una información muy valiosa para la estimación de la distancia de disparo, especialmente en aquellas distancias en las que otros métodos no son capaces de detectar residuos.

#### G) ESPECTROMETRÍA DE PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (ICP).

Se trata de una técnica cuantitativa y multielemental en la que todos los metales se analizan simultáneamente. Se ha postulado como técnica de interés en municiones nontox y en

aquellas no convencionales cuyos fulminantes contienen estroncio, o los proyectiles contengan cobalto, cobre, níquel o zinc. Su principal inconveniente es que, al igual que AA y NAA, es una técnica no específica, que analiza la totalidad del elemento presente en la muestra, sin poder discriminar si su origen es el disparo o es ambiental.

Consiste en introducir la muestra en un plasma fuertemente ionizado donde los analitos absorben energía y pasan a un estado excitado. Al volver al estado fundamental emiten energía con una longitud de onda característica de cada elemento y una intensidad proporcional a su concentración. En base a la longitud de onda identificamos el elemento y en base a su intensidad la concentración. Se ha utilizado acoplada a diferentes detectores como la espectroscopía de emisión atómica ICP-AES [32] o la espectrometría de masas ICP-MS [33].

#### H) MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO ACOPLADA A MICROANÁLISIS DE ENERGÍA DISPERSIVA DE RAYOS X (SEM/EDX).

Otra posibilidad para identificar residuos de disparo es la utilización del SEM/EDX. Se trata de una técnica sensible y específica que nos permite saber si alrededor de un orificio hay residuos de disparo. Sin embargo, no es una técnica cuantitativa y tampoco ofrece un mapa de distribución de residuos, por lo que puede ser utilizada para el diagnóstico diferencial entre orificio de entrada y salida, pero no se suele utilizar para la estimación de la distancia de disparo. Esta técnica la comentaremos más adelante para la identificación del autor del disparo.

#### I) DETECCIÓN DE RESIDUOS DE DISPARO ORGÁNICOS.

Todo lo anteriormente expuesto se aplica a la investigación de residuos de disparo inorgánicos, pero en la nube de gases y residuos que sale por la boca del arma también hay material orgánico derivado de la pólvora y sus aditivos.

La investigación de residuos orgánicos se ha llevado a cabo tanto para la estimación de la distancia de disparo como para la identificación del autor. Aunque hay una tendencia a implementar estos análisis, la realidad es que no se utilizan de forma rutinaria.

Dalby et al [28] hacen una exhaustiva revisión de las técnicas analíticas utilizadas para la investigación de residuos orgánicos. Las técnicas son muy variadas e incluyen la cromatografía de gases con diferentes detectores que incluyen ionización de llama (GC-TEA), captura electrónica y espectroscopía de masas (GC-MS); cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) también con diversos detectores como HPLC-PMDE; cromatografía capilar micelar electrocinética (MEKC); electroforesis capilar (EC); electroforesis capilar micelar electrocinética (MECE), entre otras muchas. Todas ellas permiten identificar derivados de la pólvora y pueden contribuir a demostrar la presencia de residuos de disparo sobre algún material, pero no proporcionan un mapa de distribución de residuos.

Una mención especial sería la espectroscopía Raman que detecta elementos inorgánicos [34] y también componentes orgánicos [35]. Es una técnica no destructiva que permite obtener mapas de distribución de los residuos. Sin embargo, su sensibilidad no es muy buena, el tiempo de análisis es elevado y la muestra debe estar enfocada en todo momento y el resultado se ve afectado por la fluorescencia que pueda generar el soporte.

Se han propuesto otras muchas técnicas para la investigación de residuos de disparo, pero ninguna es de uso rutinario, por lo que no las mencionaremos en este capítulo.

## 2. IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR.

Otro aspecto de la investigación de residuos de disparo es la identificación del autor. El abordaje de este tema es muy diferente al utilizado para la estimación de la distancia de disparo. Ahora no nos interesa conocer la dispersión de residuos o su cantidad, sino asegurar que en las manos o ropas de una persona hay residuos cuyo origen es inequívocamente el disparo.

Técnicas como la absorción atómica o el ICP-MS cuantifican un elemento, pero no discriminan su origen, por tanto, no son lo suficientemente específicas como para concluir que una persona ha disparado o ha estado en las proximidades de la descarga de un arma. Para ello es necesario demostrar que los residuos encontrados proceden del disparo y no tienen un origen ambiental o profesional.

Los residuos que ahora buscamos son aquellas partículas metálicas procedentes mayoritariamente del fulminante que se han formado como consecuencia de las elevadas presiones y temperaturas alcanzadas durante el mismo. Estas condiciones hacen que los metales se vaporicen y posteriormente se enfríen dando lugar a partículas de forma esferoidal y sin aristas [36]. La mayoría de las partículas tienen esta morfología, pero también pueden formar agregados o ser irregulares como consecuencia de su rotura al colisionar con la superficie de impacto [37]. Su tamaño es variable, oscilan entre 0,3 y 20 micras, si bien suelen tener un tamaño comprendido entre las 0,5 y las 5 micras.

Estos residuos forman parte de la nube que sale por la boca del arma y por todas sus ranuras y se depositan en las manos, cara, pelo y ropas de la persona que dispara, así como en su entorno inmediato [38, 39]. La cantidad de partículas producidas y depositadas dependerá del tipo de arma utilizada, del cartucho empleado, del lugar en el que se realiza el disparo y de las condiciones ambientales [40, 41].

La técnica de elección en este caso es el microanálisis de energía dispersiva de rayos X acoplado a la microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX).



Foto 3. Microscopio electrónico de barrido con microanalizador de energía dispersiva de rayos x

Un microscopio electrónico de barrido utiliza un haz de electrones para visualizar la muestra, tiene una profundidad de campo 200 veces mayor que un microscopio óptico, su resolución es muy alta y puede trabajar a unos aumentos del orden de los 100.000 x. [42]. Cuando los electrones del haz inciden sobre la muestra interaccionan con ella generando fenómenos de cesión y emisión de energía, entre los que se encuentran la emisión de rayos X. La energía de los rayos X emitida es característica de cada elemento y puede ser analizada con un microanalizador, obteniéndose un espectro del elemento o elementos en cuestión.

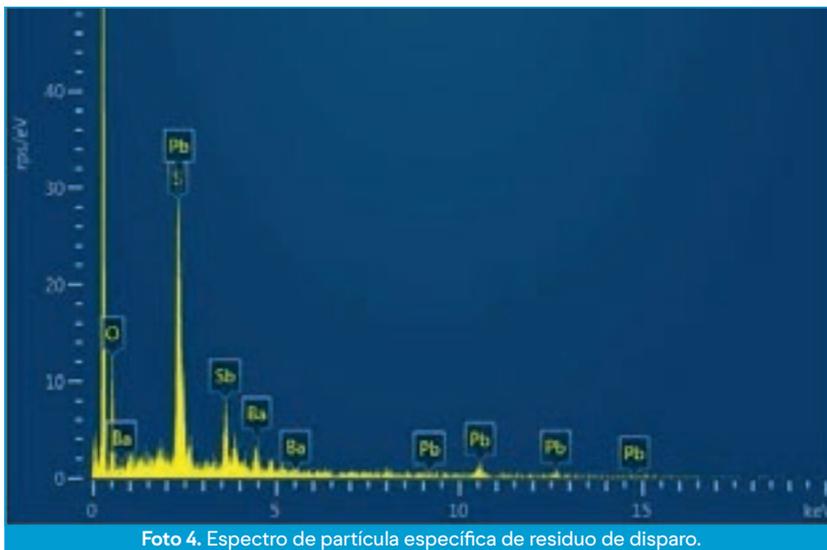


Foto 4. Espectro de partícula específica de residuo de disparo.

Es una herramienta muy poderosa porque es capaz de identificar y analizar una sola partícula en base a su morfología y composición, lo que la convierte en una técnica altamente específica. Una ventaja adicional es que no es destructiva, un portamuestras puede ser analizado repetidas veces, lo que es de sumo interés en el ámbito forense.

Los residuos se recogen de las manos o de las ropas del sospechoso de haber disparado un arma, pero también pueden recogerse del pelo o la nariz [43]. Para ello se utiliza un portamuestras de microscopía electrónica de barrido que lleva en su superficie un disco adhesivo. Este dispositivo se presiona repetidas veces sobre la superficie en la que queremos hacer el muestreo y con posterioridad se analiza con el SEM-EDX.

Inicialmente los análisis se hacían de forma manual, de modo que el operador tenía que recorrer toda la superficie de la muestra a grandes aumentos para encontrar las partículas, que posteriormente eran analizadas. Este procedimiento consumía mucho tiempo y además estaba sujeto a errores propios del operador. Por esta razón se han desarrollado softwares específicos, que realizan la búsqueda y análisis de las partículas de forma automática, en base a unas características predeterminadas con anterioridad al análisis. El sistema puede trabajar sin que el operador esté presente y únicamente será necesario comprobar que los resultados obtenidos responden a lo indicado.

El primer texto de relevancia en el análisis de residuos de disparo con esta aplicación es el Aerospace Report publicado en el año 1977 [44]. En él se recogen aspectos relativos a la recolección, análisis, clasificación y valor evidencial de los residuos de disparo, así como una gran cantidad de imágenes de partículas procedentes de diferentes municiones, acompañadas de su composición elemental.

Se hizo entonces una primera clasificación en base a la composición de las partículas, denominándolas “*partículas características*” de residuos de disparo y “*partículas consistentes*” con residuos de disparo.

Las primeras se definen como aquellas combinaciones de elementos que tienen un origen exclusivo en el disparo, por lo que en la literatura aparecían reflejadas como partículas “*únicas o exclusivas*” de residuos de disparo. Las segundas serían combinaciones que se encontraban en los residuos de disparo, pero también asociadas a diferentes actividades profesionales y por lo tanto no permitían establecer que su origen era exclusivamente el disparo.

Según esta clasificación las *partículas características* eran aquellas que contenían:

- Plomo, antimonio y bario.
- Bario, calcio, silicio con trazas de azufre.
- Antimonio, bario.

Las *partículas consistentes* eran:

- Plomo, antimonio.
- Plomo, bario.
- Plomo.
- Bario (si el azufre está ausente o sólo a modo de trazas).
- Antimonio (raro)

Además, estas partículas pueden incluir silicio, calcio, aluminio, cobre, hierro, azufre, fósforo (raro), zinc (sólo si el cobre está presente en mayor concentración que el zinc), níquel (raro y sólo si aparece con cobre y zinc), potasio y cloro. El estaño podía estar también presente.

Esta clasificación inicial ha sufrido múltiples variaciones a medida que las municiones han ido evolucionado y la experiencia ha obligado a eliminar e incluir diferentes combinaciones.

La traducción literal al castellano de los términos ingleses no refleja el concepto real de “*características y consistentes*” con residuos de disparo. Por ello en la Red de Laboratorios Forense Oficiales de España (RLFOE) llegamos a un consenso mediante el cual las partículas características se denominan “*específicas de residuos de disparo*” y las consistentes se denominan partículas “*compatibles con residuos de disparo*”. A partir de este momento, y para que en los Tribunales no hubiera lugar a confusiones, adoptamos esta nomenclatura que creímos reflejaba mejor lo que significa encontrar unas u otras en una muestra problema.

Hay que considerar una serie de factores que intervienen en el alcance, interpretación y valoración de los resultados en la investigación de residuos de disparo para la identificación del autor.

## A) PERMANENCIA.

Los residuos de disparo se depositan en las manos de la persona que dispara, pero no lo hacen de forma indefinida. El tiempo de permanencia en las manos es variable y en todo caso dependiente de la actividad que desarrolle el individuo. El lavado de las manos, los movimientos, la fricción y el roce con la ropa, etc pueden hacer que se pierdan en su totalidad. Cuando se trata de un sujeto fallecido, la pérdida de residuos puede ser debida a las manipulaciones que sufra el cadáver previas a la toma de muestras. Las partículas de mayor tamaño desaparecen antes, mientras que las más pequeñas pueden permanecer un tiempo prolongado [45].

Se han llevado a cabo numerosos estudios de permanencia con resultados muy variables [46]. La mayoría de los autores indican que en las primeras dos horas el número de partículas decrece considerablemente y que a las 4 horas las posibilidades de encontrar residuos disminuyen drásticamente [47, 48]. Sin embargo, hay autores que encuentran residuos a las 5, 12, 17 y 24 horas después del disparo [49, 50, 51, 52], o que indican que la presencia de residuos en casos reales es superior a la encontrada en los trabajos experimentales [52, 53]. Las diferencias encontradas pueden atribuirse fundamentalmente a las diferentes condiciones experimentales de cada trabajo.

Cuando haya transcurrido un tiempo elevado entre los hechos y la detención del sospechoso una buena opción es la recogida de muestras del pelo, la ropa o las fosas nasales, donde los residuos tienen una mayor permanencia [34, 43, 54].

## B) VALOR EVIDENCIAL DE LOS RESIDUOS DE DISPARO.

Para que un residuo de disparo pueda ser considerado como una evidencia fiable es necesario demostrar que estas partículas no pueden encontrarse en las manos de personas que no hayan manejado un arma, ya que de ser así su valor como evidencia forense disminuiría de forma drástica.

El plomo, el antimonio y el bario son elementos que pueden tener un origen ambiental. El plomo se encuentra en las emisiones de los carburantes, asociado a la industria del automóvil, baterías, pinturas, vidrios y en materiales de fontanería y soldadura, entre otros muchos. El antimonio podría tener su origen en diversas aleaciones y sus óxidos se utilizan en la industria textil como retardadores del fuego, mientras que el bario se encuentra en pinturas de vehículos y en el papel, entre otras fuentes.

Surge entonces la necesidad de hacer estudios poblacionales para conocer la composición de las partículas de origen ocupacional o ambiental que puedan ser confundidas con residuos de disparo.

En 1979 Wolten et al [55] recogen muestras de las manos de personas que trabajan en áreas críticas, como la mecánica y la soldadura y no encuentran plomo, antimonio y bario en una misma partícula, ni tampoco partículas de antimonio, bario, pero sí algunas bi-elementales similares a los residuos de disparo, especialmente en muestras tomadas de las manos de personas que manipulan instrumentos de perno cautivo. Concluyen que ninguna de ellas fue falsamente confundida con un residuo de disparo y recomiendan que las partículas sean consideradas dentro del contexto de las restantes presentes en la muestra. Wallace y McQuillan en 1984 [56] estudian muestras de cartuchos de instrumentos de perno cautivo y descartan las partículas bario, calcio, silicio y las de antimonio, bario como exclusivas de residuos de disparo. Garofano et al en 1999 [57] encuentran partículas de antimonio, bario, así como partículas de plomo, antimonio y plomo, bario, en las manos de personas relacionadas con el mantenimiento de los automóviles. Estas partículas no tienen una morfología esferoidal, su tamaño es mayor que los residuos de disparo y se acompañan de otros elementos en proporciones variables. No obstante, concluyen que en ocasiones puede ser difícil la diferenciación y descartan las partículas de antimonio, bario como exclusivas de residuos de disparo.

Torre et al en 2002 [58] encuentran partículas de plomo, antimonio y bario en los discos de los frenos de algunas marcas de automóvil, aunque eran fácilmente diferenciables de los residuos de disparo, por no tener una morfología esferoidal y contener grandes proporciones de hierro y otros metales no permitidos para un residuo de disparo. En 1996 Naciones Unidas publica una declaración sobre los riesgos medioambientales que conlleva el uso de plomo y recomienda su reducción [59]. A raíz de esta publicación muchos países comienzan a cambiar

la legislación y la industria del automóvil reduce el uso de plomo en diferentes componentes, entre ellos las pastillas de frenos. Tucker et al 2017 [60] hacen un estudio similar al de Torre el al tomando muestras de los frenos fabricados bajo la nueva legislación. En su estudio no encuentra ninguna partícula de plomo, antimonio y bario y sí algunas de antimonio, bario, sin embargo, ninguna de ellas era esférica y además contenían otros elementos no presentes en los residuos de disparo. Por su parte, Berk et al [61] encuentran algunas partículas de plomo, antimonio y bario en los airbags de determinadas marcas de automóviles, pero acompañados de elementos no presentes en los residuos de disparo como el cobalto, el estroncio o el circonio.

Los materiales pirotécnicos son otros de los dispositivos que pueden generar partículas similares a los residuos de disparo, puesto que contienen mezclas iniciadoras complejas que varían en función de los efectos deseados. Mosher et al [62] estudian los residuos generados en la explosión de los fuegos artificiales y encuentran partículas de antimonio, bario, azufre, unas esféricas y otras irregulares y de tamaño mayor que los residuos de disparo. También encuentran algunas partículas de plomo, antimonio y bario, pero irregulares y contenían magnesio y/o cobre en proporciones elevadas. Grima et al [63], en un estudio ambiental de diversos fuegos artificiales, encuentran partículas de antimonio, bario y de bario aluminio, pero en proporciones diferentes a las encontradas en los residuos de disparo y acompañadas de otros elementos. Concluyen que son fácilmente excluidas cuando se comparan con el resto de las partículas presentes en la muestra.

De estos estudios se deduce que, si bien ciertas actividades pueden producir partículas de composición similar a los residuos de disparo, éstas no se confunden con ellos porque o bien van asociadas a elementos no permitidos o raramente encontrados en los residuos de disparo, o no tienen la morfología adecuada, o su tamaño no es el pertinente. Además, estas partículas representan un porcentaje muy bajo de la muestra y se acompañan de partículas típicas de la fuente de la que proceden. A este respecto Romolo [44] y Garofano [57] recomiendan considerar cada caso de forma independiente y no considerar una partícula aislada sino el conjunto de todas las presentes en la muestra.

Todos estos hallazgos hicieron que se modificara la clasificación inicial, excluyéndose de la lista de partículas específicas aquellas que contenían bario, calcio, silicio y las de antimonio, bario. Así mismo desaparece en la literatura la denominación de partícula exclusiva de residuo de disparo.

### C) PREVALENCIA Y TRANSFERENCIA SECUNDARIA DE LOS RESIDUOS DE DISPARO.

Una vez demostrado que no hay partículas ambientales que puedan confundirse con los residuos de disparo, es importante conocer cuál es la posibilidad de encontrar residuos en la población general como consecuencia de una transferencia secundaria.

Para ello se han llevado a cabo estudios de prevalencia complementarios a los ya expuestos tomando muestras de población al azar sin relación con las armas de fuego.

Brozek-Mucha [47] toma muestras de diferentes grupos de población entre los que se encuentran policías, cazadores, mecánicos y personas que no tienen relación alguna con las armas. Encuentra que, de 100 personas sin relación con las armas de fuego, solo una tiene una partícula tricomponente, lo que supone el 99% de la población está libre de residuos. Resultados similares obtienen Hannigan et al [64] cuando estudian ropas de personas que no han disparado un arma, concluyen que la probabilidad de encontrar partículas tricomponentes al azar es muy baja, del orden del 0.02. Lucas et al [65] estudian muestras de 289 personas tomadas en mercados, centros comerciales y medios de transporte y concluyen que la incidencia de partículas con plomo, antimonio y bario es mínima, ya que sólo

uno de los 289 participantes presentaba partículas tricomponentes, lo que representa el 0,3% de la población.

El grupo de trabajo de armas de fuego y residuos de disparo de ENSFI [66] lleva a cabo un estudio de prevalencia en el que participan 31 laboratorios de 25 países y en el que se toman muestras en los mismos grupos poblacionales que Brozek-Mucha. Las conclusiones a las que llegan son similares, se comprueba que en la población sin relación con las armas de fuego no hay residuos de disparo, mientras que los mecánicos presentan algunas partículas bicomponentes. En los otros dos grupos, personas que manejan armas ocasionalmente y policías, se obtienen resultados muy variables dependiendo del país, posiblemente debido a la dificultad de unificar el criterio de selección de estas personas y también a las diferencias en la legislación relativa a la tenencia y uso de armas.

Otro factor a tener en cuenta es la posible transferencia secundaria o terciaria de residuos entre personas que no disparan y personas que se encuentran próximas al disparo o por contacto con el arma o con una persona que ha disparado [67, 68 47]. A este respecto Hofstetter et al [69] toman muestras de población general y de trabajadores de un laboratorio forense susceptibles de contaminación y no encuentran residuos en la población general y una mínima incidencia en los trabajadores, e indican que la prevalencia es mayor en las ropas que en las manos. Manganeli et al [70] estudian población civil y policial en Suiza y encuentran una prevalencia superior en policías que en población civil, y atribuyen la presencia de residuos en población civil a que algunos declaran estar en posesión de un arma. Gasser et al [71] hacen un estudio de transferencia en tres escenarios, el traslado de un arma de un punto a otro, el choque de manos y un arresto simulado. En los tres escenarios encuentra transferencia de residuos, siendo variable en dependencia del arma utilizadas. Advierten que la posibilidad de una transferencia secundaria debe ser tenida en cuenta en la interpretación de los resultados.

Nuevamente las diferencias encontradas entre autores pueden ser debidas a la selección de la población estudiada, a las armas utilizadas y a accesibilidad de la población a las armas.

Un caso especialmente crítico es la posible transferencia de residuos desde los cuerpos policiales a los detenidos durante su arresto o custodia. A este respecto se llevan a cabo numerosos estudios y nuevamente los resultados varían considerablemente, debido tanto al ambiente de la detención como a los diferentes protocolos de actuación.

Berk et al [72] estudian coches policiales y superficies en dependencias policiales en Chicago y encuentra una presencia de residuos muy baja, mientras que Petterson et al [73] recogen muestras en vehículos policiales en Suecia y encuentra que el 25% de los vehículos analizados presentan escasas partículas. Por su parte, Lucas et al [74] en Australia y Ali et al [75] en Pittsburg estudian coches y dependencias policiales y concluyen que la incidencia de contaminación es muy baja y Gialmas et al [76] encuentran que solo el 7% de los oficiales de policía presentan alguna partícula tricomponente.

De estos trabajos se deduce que las fuerzas policiales pueden ser una potencial fuente de contaminación del sospechoso [77] y se propone el uso de munición dopada para diferenciar el origen de los residuos [78].

#### D) FULMINANTES NONTOX.

La formulación de los fulminantes considerados como “modernos” data de 1921 y están basados en estifnato de plomo, sulfuro de antimonio y nitrato de bario. Estos fulminantes siguen siendo los habituales y generan partículas de plomo, antimonio y bario, o combinaciones de dos de estos elementos. Sin embargo, dado que el plomo es un elemento

altamente contaminante, los fabricantes de cartuchería han ido desarrollando municiones libres de plomo y metales pesados generando los fulminantes nontox. La composición de estos fulminantes es muy variada, siendo la más frecuente aquella que contiene titanio, zinc [79] (RUAG, MEN y DAG), pero también hay fulminantes basados en el estroncio (Lapua o IMI) o que producen partículas de zinc, aluminio; zinc, manganeso, aluminio (CCI) o partículas de potasio (Clean o super Clean de Winchester), entre otras muchas posibilidades. También se han desarrollado municiones especialmente diseñadas para uso exclusivo policial que incluyen un marcador en su mezcla iniciadora para poder trazar su origen. Entre estas se encuentra la producida por RUAG que genera partículas de titanio, zinc, gadolinio y la producida por MEN que genera partículas de galio, cobre, estaño [80].

El uso de estas nuevas municiones introduce problemas a la hora de identificar y clasificar los residuos de disparo y ha llevado a la necesidad de establecer nuevos criterios de clasificación de las partículas.

La American Society for Testing and Materials (ASTM) publicó en 1995 una guía en la que se incluían procedimientos de análisis, parámetros de equipo y clasificación de las partículas. El objetivo era estandarizar los análisis y evitar errores en la interpretación de los resultados. Desde entonces ha tenido diferentes versiones, la última publicada en 2018 [81]. En ella ya se tienen en cuenta las nuevas municiones y se deja la puerta abierta a posibles nuevas combinaciones. Así mismo, se indica la conveniencia de comparar los resultados de la muestra problema con una muestra tomada de la vaina percutida.

En general divide las partículas en **procedentes de municiones convencionales** y **municiones nontox**.

Para **munición convencional** establece que las partículas específicas de residuos de disparo son aquellas que en una misma partícula tienen las siguientes combinaciones metálicas:

- Plomo, antimonio, bario.
- Plomo, bario, calcio, silicio, estaño.

Las partículas compatibles con residuos de disparo serían las siguientes:

- Plomo, bario, calcio, silicio.
- Bario, calcio silicio.
- Antimonio, bario.
- Bario, aluminio.
- Plomo, bario.

Añade un tercer grupo de partículas que clasifica como comúnmente asociadas a residuos de disparo, que serían aquellas partículas que se encuentran en el medioambiente, y que aisladamente no tienen ninguna significación, pero que asociadas a otras partículas de residuos de disparo pueden tener interés en la interpretación global de la muestra. En este grupo estarían:

- Plomo.
- Antimonio.
- Bario, que puede estar acompañado de azufre.

En cuanto a las **municiones nontox o libres de plomo** las combinaciones admitidas como específicas de residuos de disparo son las que contienen:

- Gadolinio, titanio, zinc.
- Galio, cobre, estaño.

Las *compatibles con residuos de disparo* serían:

- Titanio, zinc.
- Estroncio.

Todas ellas pueden contener o no los siguientes elementos: aluminio, silicio, fósforo, azufre, cloro, potasio, calcio, hierro, níquel, cobre, zinc, circonio y estaño.

Paralelamente el grupo de trabajo de armas de fuego y residuos de disparo perteneciente a la red europea de laboratorios forenses, (ENFSI), cuenta con una guía con el mismo objetivo que la de la ASTM, pero con pequeñas variaciones [82]. Por su parte, el Grupo de Trabajo para la Investigación de Residuos de Disparo americano (SWGSR) también elaboró una guía de similares características y que incluye una clasificación de partículas semejante a las de la ASTM [83].

## E) INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Ya hemos discutido acerca de lo que es un residuo de disparo, cuál es su valor evidencial, y cuáles son los criterios de clasificación de las partículas encontradas. Ahora nos quedaría la interpretación de los resultados en los informes periciales y ante los Tribunales.

Los informes que emite el laboratorio llegan a unas conclusiones obtenidas a partir de una muestra analizada, pero el Tribunal juzga un incidente en el que ha habido un disparo. En la vista oral el Tribunal quiere saber si el sospechoso disparó un arma o no y es una pregunta a la que el perito no puede responder. Lo que únicamente puede decir el perito es si en la muestra analizada hay residuos de disparo o no, lo que no necesariamente es lo mismo.

Para concluir que una muestra es positiva para residuos de disparo es necesario haber encontrado partículas específicas de la munición convencional o de la munición nontox o bien partículas cuya composición sea coincidente con la de la vaina percutida.

Sin embargo, no hay un consenso internacional sobre cuál es número mínimo de partículas necesario para concluir que una muestra es positiva para residuos de disparo. Se han realizado múltiples encuestas entre los laboratorios de criminalística de todo el mundo y las respuestas varían de unos a otros. DeGaetano et al en 1990 [84] hacen una encuesta en 200 laboratorios americanos y encuentra que la mayoría considera que una sola partícula específica es suficiente para considerar que una muestra es positiva para residuos de disparo. Unos años más tarde Singer et al 1996 [85] hacen la misma encuesta en 80 laboratorios canadienses y encuentra que sólo uno considera que una única partícula específica es suficiente para concluir que una persona ha disparado un arma o ha estado en las proximidades de la descarga de un arma, e indica que la mayoría de los laboratorios no informan sobre el número de partículas encontradas. El FBI requiere un mínimo de tres partículas específicas [86] y los Laboratorios de la Armada Americana un mínimo de cuatro partículas por considerar que se mueven en un ambiente altamente contaminado. No obstante refieren que la mayoría de los expertos piensan que una sola partícula es suficiente.

En el seno del grupo de trabajo de armas de fuego y residuos de disparo de ENFSI se llevó a cabo una encuesta en la que participaron 73 laboratorios de 27 países y el 53% consideraba que una única partícula específica era suficiente para dar un resultado positivo, siempre y cuando esté acompañada de otras partículas compatibles con residuos de disparo. La razón esgrimida es que, si consideramos que una partícula tiene una composición específica de residuos de disparo, su sola presencia indica que esa muestra tiene residuos de disparo. Por el contrario, nueve laboratorios necesitaban 2-3 partículas específicas, diez laboratorios necesitaban de 3 a 5, dos requerías 8 y 15 partículas respectivamente y dos laboratorios daban un resultado positivo sólo si encontraban 10 partículas. El argumento de estos laboratorios es la posibilidad

de contaminación de las muestras [87].

Las razones para que una muestra sea positiva para residuos de disparo son diversas. Por un lado, sería positiva si la persona disparó un arma, pero también si ha estado en las proximidades del disparo o ha entrado en contacto con un arma, una víctima de disparo, o una superficie que tenga residuos. Luego la presencia de residuos no necesariamente implica que esa persona haya disparado un arma.

Por otro lado, un resultado negativo para residuos de disparo no excluye que un sospechoso haya disparado un arma, ya que hay diversas razones que podrían justificarlo como son; que las partículas se hayan perdido como consecuencia de la actividad desarrollada por el individuo, el lavado de las manos o factores ambientales como la lluvia o el viento; que el arma en cuestión libere pocas partículas; que la munición genere partículas de difícil detección; que exista una barrera entre el arma y las manos; que la toma de muestras no haya sido eficaz; que el equipo no esté perfectamente calibrado o que la muestra contenga sangre, tierra o suciedad que dificulte la detección de residuos.

A todo esto hay que añadir las circunstancias particulares de cada caso y ajenas al análisis propiamente dicho, como son: las condiciones de detención del sospechoso; las circunstancias de los hechos; las condiciones de recogida de las muestras; el tiempo transcurrido entre los hechos y la toma de muestras; la posibilidad de que se trate de un cazador y los residuos no tengan relación con el hecho que se investiga; que no haya relación entre los residuos encontrados en la muestra problema y los presentes en la vaina percutida, etc.

En general, los residuos encontrados en las manos de una persona que ha disparado un arma son más ricos en su composición que los recogidos de la vaina percutida. Esto se debe a que en las manos se recogen no solo las partículas procedentes del fulminante, sino también las que proceden de la vaina, la bala, el blindaje del proyectil y el cañón del arma, sin olvidar *el efecto de memoria* del arma debido a disparos anteriores [89]. Es prácticamente imposible limpiar un arma sin que queden partículas en su interior. De hecho, es muy frecuente que en disparos realizados con armas policiales que utilizan municiones dopadas se encuentre alguna partícula trielemental procedente de disparos anteriores al uso de dicha munición.

A pesar de que los procedimientos de análisis de residuos de disparo por SEM-EDX se vienen utilizando desde hace muchos años, están muy estandarizados y hay sistemas de control que permiten corroborar que los equipos están en perfecto funcionamiento [88], la interpretación de los resultados es a veces muy compleja y debe tener en cuenta todas aquellas circunstancias que puedan rodear al caso.

Es importante que el laboratorio cuente con la mayor información posible relativa a las circunstancias de los hechos, el lugar donde se producen, el tiempo transcurrido entre el disparo y la toma de muestras, el arma y la munición empleadas, el oficio del sospechoso o de la víctima, la posibilidad de contaminación cruzada, las manipulaciones del cadáver si se trata de un fallecido, si se han protegido las manos, el lugar en el que se hace la toma de muestras y en general todo aquello que se juzgue de interés. Siempre que sea posible se debe contar con una muestra de la vaina percutida para comparar la composición de las partículas encontradas y, si esto no es posible, al menos conocer la marca de la misma para consultar las bases de datos.

## 1. Teorema de Bayes.

Una alternativa para la interpretación de los resultados es la aplicación del Teorema Bayes [90, 91,92]. Consiste en la transformación de la probabilidad frecuentista en una probabilidad

condicionada. En la primera se calcula la probabilidad de obtener un resultado suponiendo que la realidad sea de una forma determinada (hipótesis nula) y sólo considera los datos analíticos concretos de ese caso, sólo admite probabilidades basadas en experimentos repetibles. Sin embargo, lo que nos interesa en la práctica es la probabilidad de que las cosas sean de una manera determinada dadas las circunstancias que rodean al hecho, es decir “condicionada a” esto es lo que contempla el Teorema de Bayes que permite probabilidades subjetivas.

La expresión matemática del teorema dice que el producto de la *probabilidad a priori* (1) por el *índice de verosimilitud* (2) es la *probabilidad a posteriori* (3).

$$\frac{P(Hp/I)}{P(Hd/I)} \times \frac{P(E/Hp,I)}{P(E/Hd,I)} = \frac{P(Hp/E,I)}{P(Hd/E,I)}$$

(1)                      (2)                      (3)

Donde “*Hp*” es la hipótesis del fiscal (en nuestro caso el acusado disparó el arma), “*Hd*” es la hipótesis de la defensa (en nuestro caso el acusado no disparó el arma), “*I*” es toda la información relacionada con el incidente (facilitada por la policía, los testigos, la declaración del acusado, bases de datos, pruebas experimentales, información bibliográfica, etc) y “*E*” es el resultado del análisis (en nuestro caso hay residuos de disparo en la muestra analizada).

Cada uno de los actores tiene un papel en esta ecuación. La policía y los investigadores tienen peso en la probabilidad a priori, el juez en la probabilidad a posteriori y el laboratorio es el responsable del cálculo del índice de verosimilitud.

La *probabilidad a priori* (1) sería la probabilidad de la hipótesis del fiscal dada la información disponible (aportada por la policía, testigos, etc) en relación a la probabilidad de la defensa bajo las mismas circunstancias.

El *índice de verosimilitud* (2) expresa la medida en la que nuestro conocimiento de los hechos se ve influido por los resultados de nuestros estudios en relación a las dos hipótesis establecidas y dado el conocimiento previo. Expresa la probabilidad de encontrar residuos de disparo en la muestra si el individuo disparó un arma frente a la probabilidad de tener el mismo resultado si el individuo no disparó el arma y siempre teniendo en cuenta la información disponible (no sólo la policial y de testigos, sino las bases de datos, información bibliográfica, opiniones de expertos, pruebas experimentales si son necesarias, etc). Si este dato es próximo a 1 la significación de la prueba es muy baja y ambas hipótesis tendrán el mismo peso, pero si es muy superior o muy inferior a 1 habrá una fuerte preponderancia de una u otra hipótesis.

Por último, la *probabilidad a posteriori* (3) sería la probabilidad de la culpabilidad frente a la inocencia del sospechoso teniendo en cuenta el resultado analítico y la información, es decir el índice de verosimilitud y la probabilidad a priori.

En realidad, al juez le interesa la probabilidad de culpabilidad dada la prueba científica, mientras que al perito le interesa conocer cuál es la probabilidad del hallazgo científico dada la culpabilidad y dada la inocencia.

Hay tres factores a tener en cuenta en la aplicación de este teorema: El primero se refiere a la información relativa a los hechos que tiene un peso considerable en la interpretación de los

resultados. Sin embargo, esta información puede cambiar a lo largo de la instrucción del caso y, si las circunstancias cambian, la interpretación debe ser revisada.

El segundo es establecer dos premisas diferentes y excluyentes, la probabilidad de que haya disparado un arma y la probabilidad de que no lo haya hecho y se calculan antes de tener en cuenta los resultados de los análisis.

El tercero se relaciona con los resultados obtenidos analíticamente y servirá para el cálculo del índice de verosimilitud. En ocasiones, la falta de datos contrastados hace que no se pueda obtener un dato numérico, en cuyo caso la expresión de este índice se hará en orden de magnitud. Esto puede suponer un problema para la comprensión de su significado por parte del Tribunal o del jurado y es una de las razones por las que se cuestiona su uso en la investigación de residuos de disparo.

Por último, hay que tener en cuenta lo que se conoce como *falacia del fiscal*. El índice de verosimilitud refleja la probabilidad de encontrar residuos en el caso de que el sujeto disparara el arma frente a la probabilidad de encontrarlos si no lo hizo. Imaginemos que este dato numérico es 200. Su significado es que es 200 veces más probable encontrar residuos si disparó el arma que si no lo hizo. Sin embargo, en la falacia del fiscal la interpretación del dato sería que es 200 veces más probable que el individuo dispare el arma a que no lo hiciera. Es lo que se conoce como una trasposición condicional. En el juicio oral hay que evitar esta falacia y hablar en términos de probabilidad de obtener un resultado dada la culpabilidad o la inocencia.

Como vemos, en el caso de los residuos de disparo la aplicación del teorema de Bayes es extremadamente compleja y en ocasiones peligrosa, ya que para el cálculo del índice de verosimilitud hay que considerar datos que no están totalmente probados, que son subjetivos o el resultado de pruebas experimentales que no necesariamente reproducen los hechos reales [93].

Las conclusiones de un Informe Pericial nunca serán que un sospechoso ha disparado un arma, sino que en la muestra analizada se encuentran partículas específicas o partículas compatibles con residuos de disparo. La interpretación final de estos resultados será la valoración conjunta de todas las pruebas relacionadas con el caso y es competencia del Tribunal y no del perito.

### 3. BIBLIOGRAFÍA.

1. SELLIER, K.; Shot range determination. Forensic Science Progress 6. Eds: Maehly, A.; Williams, R.L. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg; 1991.
2. DI MAIO, V.G.M.; Gunshot wounds: Practical aspects of firearms, ballistic and forensic techniques. CRC Press, Boca Raton, FL; 1999
3. CHAKLOS, D.L.; DAVIS, A.L. Visualization of gunpowder residue patterns using digital infrared camera and optical filters. AFTE J. 2005; 37 (2): 117-122.
4. BAILEY, J.A. Digital infrared photography to develop GSR patterns. Australian J. Forensic Sci. 2007; 39 (1): 33-40.
5. LAKE, H.; MILAM, A.; WASKEL, J. Visualization of gunshot residue patterns using a video spectral comparator 2000. AFTE J. 2012; 44 (1): 29-37.
6. ATWATER, C.S.; DURINA, M.E.; DURINA, J.P.; BLACKLEDGE, R.D. Visualization of gunshot residue pattern on dark clothing. J. Forensic Sci. 2006; 51 (5): 1091-1095.
7. DILLON, J.D.; The modified Griess test: a chemical chromophoric test for nitrite compounds in gunshot residues. AFTE J. 1990; 22 (3): 243-250.

8. LESZCZYNSKI, CH. Die bestimmung der schußentfernung. *Kriminalistik* 1959; 13:377.
9. HOFFMAN, R. Über die anwendung des folienabdruckverfahrens-ein verfahren zum nachweis der flächenverteilung von chemischen elementen in schußresiduen. *Arch. Krimin.* 1985; 175: 21.
10. DILLON, J.H. The rhodizonate test: a chemical specific chromophoric for lead in gunshot residues. *AFTE J.* 1990; 22 (3): 252-256.
11. BARTS, M.R.; KOBUS, H.J.; WAINWRIGHT, K.P. An update on the use of the sodium rhodizonate test for the detection of lead originating from firearm discharges. *J. Forensic Sci.* 1996; 41 (6): 1046-1051.
12. GEUSENS, N.; NYS, B.; CHARLES, S. Implementation and optimization of the sodium-rhodizonate methods for chemographic shooting distance estimation. *J. Forensic. Sci.* 2019; doi:10.1111/1556-4029.13984: 1-4.
13. BEIJER, R. Experiences with Zincon, a useful reagent for the determination of firing range with respect to leadfree ammunition. *J. Forensic Sci.* 1994; 39 (4): 981-987.
14. STEFFEN, S.; NIEWOEHNER, L. Improved methods for the collection of gunshot residues (GSR) and for chemographic testing of lead-free Sintox™ ammunition. *AFTE J.* 2003; 35 (2): 152-156.
15. LICHTENBERG, W. Methods for the determination of shooting distance. *Forensic Sci. Rev.* 1990; 2 (1): 37-62.
16. FLYNN, J.; STOILOVIC, M.; LENNARD, CH.; PRIOR, I.; KOBUS, H. Evaluation of X-ray microfluorescence spectrometry for the elemental analysis of firearms discharge residues. *Forensic Sci. Int.* 1998; 97: 21-36.
17. BERENDES, A.; NEIMKE, D.; SCHUMMACHER, R.; BARTH, M. A versatile technique for the investigation of gunshot residue patterns on fabrics and other surfaces: m-XRF. *J. Forensic Sci.* 2006; 51 (5): 1085-1090.
18. LATZEL, S.; NEIMKE, D.; SCHUMAKER, R.; BARTH, M.; NIEWÖHNER, L. Shooting distance determination by m-XRF- Examples on spectra interpretation and range estimation. *Forensic Sci. Int.* 2012; 223: 273-278.
19. SCHUMAKER, R.; BARTH, M.; NEIMKE, D.; NIEWÖHNER, L. Investigation of gunshot residue patterns using milli-XRF techniques: First experiences in casework. *Proc. of SPIE* 2010; 7729: 772917-1-772917-9.
20. DOÑA-FERNÁNDEZ, A.; DE ANDRÉS-GIMENO, I.; SANTIAGO-TORIBIO, P.; VALTUILLE-FERNÁNDEZ, E.; ALLER-SÁNCHEZ, F.; HERAS-GONZÁLEZ, A. Real-time detection of GSR particles from crime scene: a comparative study of SEM/EDX and portable LIBS system. *Forensic Sci. Int.* 2018; 292: 167-175.
21. TREJOS, T.; VANDER PYL, C.; MENKING-HOGGATT, K.; LORENA ALVARADO, A. Fast identification of organic gunshot residue by LIBS and electrochemical methods. *Forensic Chemistry* 2018; 8: 146-156.
22. RADZIEMSKI, L.; CREMERS, D.; A brief history of laser-induced breakdown spectroscopy: from the concept of atoms of LIBS. *Spectrochim. Acta Part B: At. Spectros.* 2013; 87: 3-10.
23. LÓPEZ-LÓPEZ, M.; ÁLVAREZ-LLAMAS, C.A.; PISONERO, J.; GARCÍA-RUIZ, C. An exploratory study of the potential of LIBS for visualizing gunshot residue patterns. *Forensic Sci, Int.* 2017; 273: 124-131.
24. VANDER PYL, C.; OVIDE, O.; HO, M.; YUKSEL, B.; TREJOS, T. Spectrochemical mapping using laser induced breakdown spectroscopy as a more objective approach to shooting distance determination. *Spectrochimica Acta Part. B* 152, 2019; 93-101.
25. KRISHNAN, S.S. Firing distance determination by neutron activation analysis. *J. Forensic Sci.* 1967; 12 (4): 471-483.
26. RUDZITIS, E.; KOPINA, M.; WAHLGREN, M. Optimization of firearm residue detection by neutron activation analysis. *J. Forensic Sci.* 1973; 18 (2): 93-100.
27. KRISHNAN, S.S. Detection of gunshot residue on the hands by neutron activation and atomic absorption analysis. *J. Forensic Sci.* 1974; 19 (4): 789-97.
28. DALBY, O.; BUTLER, D.; BIRKETT, J. Analysis of gunshot residue and associates materials: A review. *J. Forensic Sci.* 2010; 55 (4): 924-943.
29. KRISHNAN, S.S. Firing distance determination by atomic absorption spectrophotometry. *J. Forensic, Sci.* 1974; 19 (2): 351-357.
30. KOONS, R.K. Flameless atomic-absorption spectrophotometric determination of antimony and barium in gunshot residue collection swabs: a collaborative study. *Crime Lab. Dig.* 1993; 20 (1): 19-23.

31. GALIANO-CANDELA, R. COLUCCI, A.P.; NAPOLI, S. Determination of firing distance. Lead analysis on the target by atomic absorption spectroscopy. *J. Forensic Sci.* 2008; 53 (2): 321-324.
32. KOONS, R.D.; HAVEKOST, D.G.; PETERS, C.A. Determination of barium in gunshot residue collection swabs using inductively coupled plasma-atomic emission-spectroscopy. *J. Forensic Sci.* 1988; 33 (1): 35-41.
33. KOONS, R.D. Analysis of gunshot primer residue collection swabs by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *J. Forensic Sci.* 1998; 43 (4): 748-754.
34. STICH, S; BARD, D.; GROS, L.; WENZ, H.W.; YARDWOOD, J.; WILLIAMS, K.P.J. Raman microscopic identification of gunshot residues. *J. Raman Spectrosc.* 1988; 29: 789.
35. LÓPEZ-LÓPEZ, M.; DELGADO, J.J.; GARCÍA-RUIZ, C. Ammunition identification by means of the organic analysis of gunshot residues using raman spectroscopy. *Anal. Chem. Acta A.* 2012; 84: 3581-3585.
36. BASU, S. Formation of gunshot residues. *J. Forensic Sci.* 1982; 27 (1): 72-91.
37. BURNETT, B. The form of gunshot residue is modified by target impact. *J. Forensic Sci.* 1989; 34 (4): 808-822.
38. FOJTÁSEK, L.; VACÍNOVÁ, J.; KOLÁR, P. Distribution of GSR particles in the surrounding of shooting pistol. *Forensic Sci. Int.* 2003; 132: 99-105.
39. ANDRASKO, J.; PETTERSON, S. A simple method for collection of gunshot residues from clothing. *Sci. Justice.* 1991; 31 (3): 321-330.
40. SCHWOBLE, A. J.; EXLINE, D.I. Current methods in forensic gunshot residue. CRC Press, Florida; 2000.
41. RIJNDERS, M.R.; STAMOULI, A.; BOLCK, A. Comparison of GSR composition occurring at different locations around the firing position. *J. Forensic Sci.* 2010; 55 (3): 616-623.
42. GOLDSTEIN, J.I.; NEWBURY, D.E.; MICHAEL, J.R.; RITCHIE, N.W.M.; SCOTT, J.H.J.; JOY, D.C. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. Fourth ed. Springer, 2018.
43. ZEINER, A.; LEVIN, N. Collection efficiency of gunshot residue (GSR) particles from hair and hands using double side adhesive tape. *J. Forensic Sci.* 1993; 38 (3): 571-584.
44. WOLTEN, GM.; NESBITT, RS.; CALLOWAY, AR.; LOPER, GL.; JONES, PF. Final report on particles analysis for gunshot residues detection. Report ATR 77 (7915)-3: The Aerospace Corporation; 1977.
45. ROMOLO, S.R.; MARGOT, P. Identification of gunshot residue: a critical review. *Forensic Sci. Int.* 2001; 119: 195-211.
46. JALANTI, T.; GALLUSSER, A. The persistence of gunshot residues on shooter's hands. *Science and Justice* 1999; 39 (1): 48-52.
47. BROZEK-MUCHA, Z. On the prevalence of gunshot residue in selected populations- An empirical study performed with SEM-EDX analysis. *Forensic Sci. Int.* 2014; 237: 46-52.
48. ANDRASCO, J.; MAEHLY, A.C. Detection of GSR on hands by scanning electron microscopy. *J. Forensic Sci.* 1977; 22 (2): 725-738.
49. KNECHTLA, P; GALLUSER, A. La persistance des résidus der tir sur le mains selon l'activité du tireur. *Revue Internationale de criminologie et de police technique* 1996; 49 (2): 228-246.
50. MURDOCK, J. The collection of gunshot discharge GSRs. *AFTE J.* 1984; 16 (3): 136-141.
51. MATRICARDI, V.R. KILTY, J.W. Detection of GSR particles from the hands of shooter. *J. Forensic Sci.* 1977; 22 (4): 725-738.
52. KRISHNAN, S.S. Detection of GSR on the hands by trace elementary analysis. *J. Forensic Sci.* 1977; 22 (2): 304-324.
53. ZEICHNER, A. LEVIN, N. Casework experience of GSR detection in Israel, on samples from hands, hair and clothing using an autosearch SEM-EDX system. *J. Forensic Sci.* 1995; 40 (6): 1082-1085.
54. SCHWARTZ, RH.; ZONA, CA. A recovery method for airborne gunshot residue retained in human nasal mucus. *J. Forensic Sci.* 1995; 40 (4): 659-661.

55. WOLTEN, GM.; NESBITT, RS.; CALLOWAY, AR.; LOPER, GL.; Materials AsFT; P America USO. Particle analysis for the detection of gunshot residue II: occupational and environmental particles. *J. Forensic Sci.* 1979; 24: 423-430.
56. WALLACE, J.S.; MC QUILLAN, J. Discharge residues from cartridge-operated industrial tools. *J. Forensic Sci. Soc.* 1984; 24 (3): 495-508.
57. GAROFANO, L.; CAPRA, M.; FERRARI, F.; BIZARRO, G.P.; DI TULLIO, D.; DELL'OLIO, M.; GHITTI, A. Gunshot residue. Further studies on particles of environmental and occupational origin. *Forensic Sci. Int.* 1999; 103: 1-21.
58. TORRE, C.; MATTUTINO, G.; VASAINO, V.; ROBINO, C. Brake linings: A source of non-GSR particles containing lead, barium, antimony. *J. Forensic Sci.* 2002; 47(3): 494-504.
59. Management Committee of the Special Program on the Control of Chemicals, Declaration on Risk Reduction of Lead, in 20 february 1996-C (96) 42/FINAL The United Nations, Editor. 1996, Decisions, Recommendations and other Instruments of the Organisation for Economic Co-Operation and Development.
60. TUCKER, W.; LUCAS, N.; SEYFANG, K.E.; KIRKBRIDE, P.; POPELKA-FILCOFF, R.S. Gunshot residue and brakepads: Compositional and morphological considerations for forensic casework. *Forensic Sci. Int.* 2017; 270:76-82.
61. BERK, R.E. Automates SEM/EDS analysis of airbag residue I: Particle identification. *J. Forensic Sci.* 2009; 54 (1): 60-68.
62. MOSHER, P.V.; MCVICAR, M. J.; RANDAL, E.D.; SILD, E.H. Gunshot residue-similar particles produced by fireworks. *Can. Soc. Forens. Sci. J.* 1998; 31 (2): 157-168.
63. GRIMA, M.; BUTLER, M.; HANSON, R.; MOHAMEDEN, A. Fireworks displays as sources of particles similar to gunshot residue. *Science and Justice* 2012; 52: 49-57.
64. HANNIGAN, T.J.; MCDERMOTT, SD.; GREANEY, CM.; O'SHAUGHNESSY, J; O'BRIEN, MCM. Evluation of gunshot residue (GSR) evidence: Surveys of prevalence of GSR on clothing and frecueny of residue types. *Forensic Sci, Int.* 2015; 257: 177-181.
65. LUCAS, N.; BROWN, H.; COOK, M.; REDMAN, K.; CONDON, T.; WROBLE, H.; KIRKBRIDE K.P.; KOBUS, H. A study into the distribution of gunshot residues particles in the random population. *Forensic Sci. Int.* 2016; 262: 150-155.
66. UHLIG, S.; SIMON, K.; COLSON, B. Prevalence study 2018- Statistical evaluation. ENFSI EWG Firearms; 2018.
67. FRENCH, J. AND MORGAN, R. The secondary transfer of gunshot residue: an experimental investigation carried out with SEM-EDX analysis. *X-Ray Spectrom.* 2014; 43: 56-61.
68. FRENCH, J. AND MORGAN, R. An experimental investigation of the indirect transfer and deposition of gunshot residue: Further studies carried out with SEM-EDX analysis. *Forensic. Sci. Int.* 2015; 247: 14-17.
69. HOFSTETTER, C.; MAITRE, M.; BEAVIS, A.; PUOX, C.P.; WEYERMANN, C.; GASSNER, A. A study of transfer and prevalence of organic gunshot residues. *Forensic, Sci, Int.* 2107, 277: 241-251.
70. MAGANELLI, M.; WEYERMANN, C.; GASSNER, A.L. Survey of organic gunshot residue prevalence: Comparison between civilian and police populations. *Forensic Sci. Int.* 2019; 298: 48-57.
71. GASSER, A.; MANGANELLI, M.; WERNER, D.; WENER, D.; RHUMORBARBE, D.; MAITRE, M.; BEAVIS, A.; PUOX, C.P.; WEYERMANN, C. Secondary transfer of organic gunshot residue: Empirical data to assist the evaluation of three scenarios. *Science & Justice* 2019; 59: 58-66.
72. BERK, R.E.; ROCHOWICZ, S.A.; WONG, M.; KOPINA, M.A. Gunshot residue in Chicago police vehicles and facilities: an empirical study. 2007; 52, (4): 838-841.
73. PETERSOSSON, S. What conclusions can be drawn from the presence of gunshot residue. *Forensic Sci, Int.* 2003; 136 (Suppl. 1): 158.
74. LUCAS, N.; COOK, M.; KIRKBRIDE, K.P.; KOBUS, H. Gunshot residue background on police officers: consideration for secondary transfer in GSR evidence evaluation. *Forensic Sci. Int.* 2019; 297: 293-301.
75. ALI, L.; BROWN, K.; CASTELLANO, H.; WETZEL, S.J. A study of the presence of gunshot residue in Pittsburgh police stations using SEM/EDS and LC-MS/MS. *J. Forensic Sci.* 2016; 61 (4): 928-939.

76. GIALMAS, D.M.; RHODES, E.F.; SUGARMAN, L.A.; Officers, their weapons and their hands: an empirical study of GSR on hands of non-shooting police officers. *J. Forensic Sci.* 1995; 40 (6): 1086-1089.
77. GERARD, R.V.; LINDSAY, E.; MCVICASR, M.J.; RANDALL, D.E.D.; GAPINSKA, A. Observations of gunshot residue associated with police officers, their equipment and their vehicles. *Can. Soc. Forensic Sci. J.* 2012; 45 (2): 57-63.
78. CHARLES, S. AND GEUSENS, N. A study of the potential risk of gunshot residue transfer from special units of the police to arrested suspects. *Forensic Sci, Int.* 2012; 216:78-81.
79. GUNARATNAM, L, HIMBERG, K. The identification of gunshot residue particles from lead free sintox ammunition. *J. Forensic Sci.* 1994; 39 (2): 532-536.
80. NIEWOEHNER, L.; BUCHHOLZ, N.; MERKEL, J. New ammunition for the german police. *Scanning* 2005; 27 (2): 69.
81. ASTM E1588-17. Standard practice for gunshot residue analysis by scanning electron microscopy/energy-dispersive spectrometry, 2017; ASTM. West Conshohocken, PA
82. STAMOULI, A.; MCCULLOUGH, J.; GUNARATNAM, L; NIEWOEHNER, L; NYS, B. Guide for gunshot residue analysis by scanning electron microscopy/energy dispersive X-Ray spectrometry. ENFSI EWG Firearms, 2008, Versión 2
83. SWGGSR Guide for primer gunshot residue analysis by scanning electron microscopy/energy dispersive X-Ray spectrometry. 11-29-11. [swggsr.org](http://swggsr.org)
84. DEGAETANO, D.; SIEGEL, J.A. Survey of gunshot residue analysis in forensic science laboratories. *J. Forensic Sci* 1990; 35 (5): 1087-1095.
85. SINGER, R.L.; DAVIS, D.; HOUCK, M.M. A survey of gunshot residue analysis methods. *J. Forensic Sci.* 1996; 41 (2): 195-198.
86. WRIGHT, D.M.; TRIMPE, M.A. Summery of FBI laboratory's gunshot residue symposium. *Forensic Sci. Commun.* 8, 2006; 1-18.
87. GUNARATNAM, L. GSR questionnaire 2005 evaluation. ENFSI EWG Firearms; 2005.
88. NIEWOEHNER, L.; ANDRASCO, J; BIEGSTRAATEN, J.; GUNARATNAM, L; STEFFEN, S; UHLIG, S; ANTONI, S. GSR 2005-Continuity of the ENFSI proficiency test on identification of GSR by SEM/EDX *J. Forensic Sci.* 2008; 53 (1): 162-167.
89. CHARLES, S.; NYS, B.; GEUSEN, N. Primer composition and memory effect of weapons- Some trends from a systematic approach in casework. *Forensic Sci. Int.* 2011; 212: 22-26.
90. BIEDERMANN, A.; BOZZA, S.; Tatoni, F. Probabilistic evidential assessment of gunshot residue particle evidence (Part I): Likelihood ratio calculation and case pre-assessment using Bayesian networks. *Forensic, Sci Int.* 2009; 191: 24-35.
91. BIEDERMANN, A.; BOZZA, S.; Tatoni, F. Probabilistic evidential assessment of gunshot residue particle evidence (Part II): Bayesian parameter estimation for experimental count data. *Forensic, Sci Int.* 2011; 201: 103-110.
92. MAITRE, M.; KIRKBRIDE, K.P.; HORDER, M.; ROUX, C. BEAVIS, A. Current perspectives in the interpretation of gunshot residues in forensic science: a review. *Forensic Sci. Int.* 2017; 270: 1-11.
93. CHARLES, S.; Nys, B. The bayesian approach to reporting analysis results: some first hand experiences. *Proc. of SPIE* 2010; 77291: 77291B-1- 77291B-15.

**6**

**Análisis de  
laboratorio  
de las  
lesiones por  
arma de  
fuego.**

# Análisis de laboratorio de las lesiones por arma de fuego.

MAR NOGAL RUIZ<sup>1</sup>, ANA MARÍA PÉREZ CAO<sup>2</sup>

## 1. INTRODUCCIÓN.

Cuando se producen unos hechos en los que está implicada un arma de fuego, bien con resultado de personas fallecidas o bien con heridos, es indispensable la reconstrucción de los disparos para intentar aclarar las circunstancias en las que se produjeron.

Para llevar a cabo la reconstrucción se requiere establecer en primer lugar la trayectoria del o los disparos, para lo cual es necesario identificar los orificios de entrada y de salida. Esto, que en algunos casos es relativamente sencillo, ya que normalmente se fundamenta en la presencia de características propias de un orificio de entrada o de salida, se puede complicar enormemente. Este es el caso de un fallecido que tenga numerosos impactos y además presente no sólo orificios de entrada y de salida, sino también orificios de reentrada. Así mismo, también puede darse la situación de un disparo realizado a través de material interpuesto, como pueda ser una pared, un cristal o una cartera que llevara la víctima, o, los orificios en sedal por nombrar algunos ejemplos. Pero además hay otras circunstancias que complican la identificación de los orificios, por ejemplo, si la bala ha impactado en la víctima tras un rebote en alguna superficie, lo que da lugar a orificios de entrada de morfología anómala.

A continuación, para seguir con la reconstrucción, habrá que determinar la distancia de los disparos que es fundamental para comprobar la declaración de un sospechoso, para descartar o no la posibilidad de un suicidio, y para ayudar a establecer la naturaleza accidental o no de una herida de disparo.

El laboratorio de Criminalística es de gran ayuda en la consecución de los objetivos mencionados. Concretamente, en el Servicio de Criminalística del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (INTCF), realizamos el estudio de los orificios en los colgajos cutáneos, en el hueso, así como también en la ropa que cubre la zona afectada. Todo ello nos permite realizar una valoración más completa del asunto que debemos investigar, estableciendo el diagnóstico diferencial entre los orificios de entrada y de salida, así como la estimación de la distancia de los disparos con la ayuda de técnicas analíticas y equipos instrumentales dirigidos a detectar los residuos de disparo.

Además, contamos con la estrecha colaboración y comunicación con los médicos forenses, que nos aportan toda la información adicional que solicitamos.

Cuando no se reciben todas las muestras interesadas por el disparo, ya sea porque sólo contamos con los orificios en piel o bien sólo recibimos la ropa que cubría las heridas, nuestro estudio será incompleto. En el caso de tener sólo los orificios en piel se podría realizar el diagnóstico diferencial entre orificio de entrada y de salida, pero la estimación de la distancia de los disparos, en la gran mayoría de los casos, no se puede llevar a cabo porque la mayor parte de los residuos de disparo, si los hubiera, quedarían retenidos en la prenda más externa que cubre la zona. Por otro lado, cuando sólo se recibe la ropa y son muchos los orificios de disparo que se han producido, no es posible determinar si se trata de orificios de entrada o de salida porque el estudio morfológico en ropa no es adecuado para tales fines y no aporta los

1. Médico especialista en M. Legal y Forense. Servicio de Criminalística. Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Madrid.

2. Facultativo del Servicio de Criminalística. Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Madrid.

datos necesarios, y en cuanto al estudio de los residuos de disparo, muchas veces los orificios están tan próximos entre sí que se produce la contaminación de unos orificios a otros.

El primer aspecto que debemos tener en cuenta cuando recibimos una muestra es determinar si se trata realmente de un orificio de disparo, pues hay situaciones en las que resulta difícil diferenciarlas de otras de diversa etiología de morfología muy similar (foto 1). Otro ejemplo sería cuando la piel se encuentra en avanzado estado de putrefacción y no es posible estudiar la morfología de la herida, ni comprobar la presencia de residuos de disparo (foto 2). En estos casos es de vital importancia toda la información que nos pueda aportar el médico forense y las investigaciones realizadas por los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado. Con todo ello, aún así, en algunas ocasiones no es posible llegar a un resultado concluyente.



Foto 1. Herida punzante.



Foto 2. Orificio de disparo en la piel en avanzado estado de putrefacción.

Dicho todo esto, seguidamente describiremos qué aspectos debemos tener en cuenta a la hora de realizar este tipo de estudios y qué análisis se realizan en el laboratorio.

## 2. DISPAROS REALIZADOS CON CARTUCHO DE PROYECTIL ÚNICO. DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DE ORIFICIOS DE ENTRADA Y SALIDA. ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA DE DISPARO.

Hay dos tipos de cartuchos que cargan proyectil único o bala: cartucho metálico utilizado en las armas de ánima estriada (la pistola, el revólver y el rifle) y cartucho semimetálico, que es el que disparan las escopetas de ánima lisa, siendo las balas más comunes: Brenneke, Foster y Sabot.

A continuación, describiremos las características morfológicas de los orificios de entrada y de salida de bala que permitan su diferenciación.

### A) ORIFICIOS DE ENTRADA.

#### 1. Forma.

Generalmente la forma de un orificio de entrada es redondeada o bien ovalada, salvo en los disparos en la cabeza o en otra región del cuerpo con un plano óseo subyacente y realizados a cañón tocante con munición normal, o a cualquier distancia si el disparo es con munición de alta velocidad.

También se producen orificios de entrada no redondeados cuando la bala atraviesa previamente un material interpuesto en su trayectoria o cuando rebota antes de alcanzar a la víctima.

En los disparos a cañón tocante en la cabeza, la forma del orificio suele ser estrellada debido a los desgarros producidos como consecuencia de los gases del disparo. Cuando se dispara un arma de fuego, los gases producidos como consecuencia de la deflagración de la pólvora salen de la boca del arma con una enorme presión. Si la boca del arma está en contacto fuerte con la cabeza, los gases penetran por el orificio de entrada junto con el proyectil. Una vez dentro, se encuentran con la pared del cráneo que impide su dispersión, por lo que se expanden en el espacio comprendido entre la piel y la tabla externa, dando lugar al abombamiento de la piel. Cuando el estiramiento de ésta supera su límite de elasticidad, se desgarran de forma radial a partir del orificio de entrada, lo que le confiere una morfología estrellada muy característica.

Este mismo efecto se produce también en los disparos en la cabeza con munición de alta velocidad, realizados incluso a larga distancia. En estos disparos se producen orificios de entrada estrellados como consecuencia de la cesión de la enorme energía cinética de la bala. En la ropa, los disparos realizados a cañón tocante suelen tener también una morfología característica en forma de desgarrar crucial.

En contadas ocasiones, en los disparos realizados con escopeta a larga distancia, hemos observado en la ropa la impronta de las ranuras helicoidales que tienen las balas tipo Brenneke y Foster (foto 3).

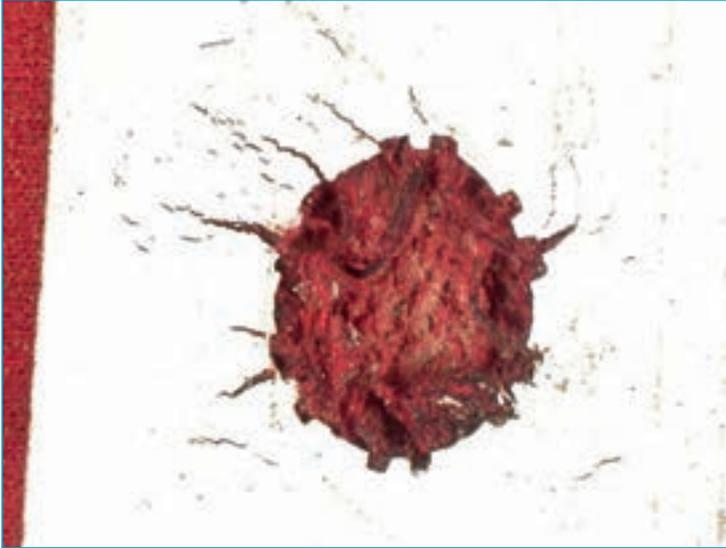


Foto 3. Orificio en ropa con impronta de bala tipo Brenneke o Foster.

## 2. Dimensiones.

Las dimensiones dependerán de la forma de la bala, del calibre y de la elasticidad de la piel. Cuanto más aguda sea la punta de la bala, más pequeño será el orificio y, por el contrario, cuanto más plana sea la punta, mayor será el orificio.

Por lo general, el orificio de entrada es de menor tamaño que el de salida correspondiente. Sin embargo, hay casos en los que el orificio de entrada es mayor que el de salida:

- Disparos en la cabeza a cañón tocante con munición normal, y a cualquier distancia con munición de alta velocidad, debido al efecto de los gases que ya se ha explicado anteriormente.
- También serán más grandes que lo que cabe esperar, cuando la bala ha rebotado previamente o ha atravesado un material interpuesto, ya que en estos casos la bala impacta en el cuerpo desestabilizada o deformada, con lo cual la sección de contacto de la misma puede ser grande.
- Cuando la bala incide en el cuerpo formando un ángulo agudo con respecto al plano corporal afectado y sale del cuerpo formando un ángulo recto.

Por último y excepcionalmente, se puede dar el caso de que el orificio de entrada y el de salida sean de tamaños iguales. Para que esto suceda, es necesario que se produzcan las siguientes condiciones:

- Que el ángulo de entrada y el ángulo de salida de la bala sean iguales.
- Que la bala tenga una elevada energía de rotación que haga difícil su desestabilización.
- Que los tejidos que atraviese la bala sean de densidad uniforme y no se deforme a su paso por el organismo.

A partir del diámetro del orificio de entrada no se puede deducir el calibre de la bala que lo

originó debido a la elasticidad de la piel. La diferencia entre el diámetro del orificio y el calibre de la bala será tanto mayor cuanto más elástica sea la piel en la zona afectada, cuanto mayor sea el espesor de partes blandas y cuanto menor sea la velocidad que tenga la bala.

### 3. Cintilla erosivo contusa.

Se denomina así a un anillo que presenta el borde del orificio de entrada en la piel. En su formación intervienen varios mecanismos:

- La contusión de la piel por la bala en el choque.
- La erosión que la distensión de la piel origina antes de perforarse.
- El rozamiento de la bala sobre la piel deprimida a modo de dedo de guante.

La cintilla erosivo contusa es un signo de vitalidad ya que sólo se produce si la persona está viva.

El ancho de la cintilla puede variar en función del calibre de la bala, el ángulo de entrada de la misma y la región anatómica donde asiente el orificio de entrada. Puede ser concéntrica o excéntrica en función de que la bala incida en ángulo recto o en ángulo agudo. En este último caso, la zona más ancha de la cintilla corresponde al lado por donde penetró la bala. En el cuero cabelludo, los orificios de entrada normalmente tienen una cintilla erosivo contusa más ancha que en otras partes del cuerpo, debido posiblemente al reforzamiento del cuero cabelludo por el cráneo.

### 4. Anillo de enjugamiento.

Cuando al producirse el disparo, la bala recorre el interior del cañón, pudiendo quedar adheridos a su superficie grasa del lubricante, negro de humo y elementos metálicos que encuentre a su paso, procedentes de disparos previos. Estos materiales quedarán depositados en los bordes del orificio de entrada cuando la bala atraviese la piel o bien en la ropa que cubre la zona, dando lugar a un anillo de color negruzco que se denomina anillo de enjugamiento. La presencia de este anillo es independiente de la distancia del disparo.

Sin embargo, se ha comprobado que incluso limpiando concienzudamente el interior del cañón antes de llevar a cabo un disparo, el orificio de entrada puede presentar anillo de enjugamiento. Esto sólo se explica si consideramos que esa suciedad se ha adherido a la superficie de la bala al atravesar ésta la nube de gases y residuos originados en el propio disparo.

### 5. Impronta del arma.

Cuando el disparo se efectúa con la boca del arma aplicada en contacto directo con el plano cutáneo, se produce una impronta erosiva que es el resultado de la acción contusa de esta parte del arma sobre la piel en el momento del disparo. Esto se produce tanto en disparos de zonas corporales donde la piel recubre una superficie ósea subyacente, (por ejemplo, la cabeza), así como en disparos producidos en el abdomen y en el tórax.

La impronta se forma como consecuencia del abombamiento que producen los gases al penetrar por el orificio, bien por no poder dispersarse por la existencia del plano óseo, o bien por invadir las cavidades viscerales y tejidos blandos hinchando la pared abdominal o torácica. Al abombarse, la piel envuelve la boca del arma con suficiente fuerza como para que quede marcado su contorno en la piel.

Será más nítida cuanto más cantidad de gases produzca la munición, ya que el roce de la boca del arma contra la piel será más violento, reflejando una imagen especular, más o menos completa, de las partes prominentes de la misma.

## 6. Presencia de residuos de disparo.

En los orificios de entrada se pueden encontrar residuos, siempre que la distancia de disparo permita su alcance. Los residuos del disparo básicamente pueden ser: partículas de negro de humo, partículas de pólvora y elementos metálicos del fulminante y del proyectil.

## 7. Quemadura.

Hay veces que los bordes del orificio de entrada pueden aparecer quemados. Esto puede ocurrir en disparos a contacto con la boca del arma apretando sobre la piel y es debido al efecto de la elevada temperatura de los gases que salen de la boca del arma.

## B) ORIFICIOS DE SALIDA.

### 1. Forma.

Por lo general son irregulares y más grandes que los de entrada. Esto se debe a dos factores:

- En primer lugar, a que el movimiento de rotación que estabiliza a la bala en el aire no es efectivo en el interior del cuerpo. Esto se debe a que la densidad de los tejidos es mayor que la del aire y por lo tanto, la bala se desestabiliza y se tambalea cuando atraviesa el cuerpo.
- En segundo lugar, la bala puede deformarse al chocar con un hueso, pudiendo fracturarlo y arrastrar esquirlas óseas hacia la salida.

Todos estos factores dan como resultado que el orificio de salida sea más grande e irregular. Las formas que pueden tener los orificios de salida son: estrellada, en hendidura, en semiluna, circular, o completamente irregular. Los orificios de salida estrellados pueden verse en el cuero cabelludo y pueden ser confundidos en un primer momento con orificios de entrada de disparo a cañón tocante.

### 2. Tamaño.

El tamaño y la forma del orificio de salida dependen de la región del cuerpo donde se encuentre. En una zona donde la piel sea laxa, los orificios de salida tienden a ser más pequeños y en forma de hendidura. Por el contrario, en zonas donde la piel se encuentre estirada sobre una superficie ósea, como por ejemplo el cuero cabelludo, los orificios de salida serán grandes e irregulares, normalmente en forma de estrella.

### 3. Ausencia de cintilla erosiva.

Lo normal es que el orificio de salida no presente cintilla erosiva contusa. Sin embargo, en circunstancias especiales, puede haber orificios de salida con los bordes erosionados y /o contusos. De ello se hablará más adelante en los orificios de salida anómalos.

#### 4. Ausencia de residuos de disparo.

Habitualmente los orificios de salida no muestran depósitos de residuos de disparo.

#### 5. Ausencia de orificio de salida.

Hay un tipo de orificio de salida que son los *orificios de salida incompletos*, y son aquellos que presentan una o dos laceraciones con la bala alojada subcutáneamente. Estas laceraciones no comunican directamente con el trayecto de la bala y son desgarros de la epidermis producidos por la eversión de la piel al intentar salir la bala ladeada.

En ocasiones muy contadas, no hay orificio de salida en las ropas de la víctima. Eso se produce si al atravesar el cuerpo la bala pierde prácticamente toda su energía y consume la restante para producir el orificio de salida en la piel. Si a continuación la bala encuentra alguna resistencia por parte de una prenda de vestir o un objeto, no podrá perforarlos y quedará retenida entre las ropas.

En cuanto al estudio de los orificios de entrada y salida en hueso corresponde a otro capítulo de esta obra.

### C) ORIFICIOS ANÓMALOS.

#### 1. Orificios de entrada.

##### a) Orificios de entrada irregulares y más grandes que el de salida

El tamaño de un orificio de entrada *versus* salida es un parámetro relativo y siempre se establece por comparación. Se producirá un orificio de entrada mayor que el de salida bajo una serie de circunstancias:

- En disparos a contacto o casi a contacto sobre una región corporal que presente un plano óseo escasamente recubierto por partes blandas, siendo el caso típico la calota craneal.
- Cuando el proyectil ya está desestabilizado antes del impacto en la víctima. Si ocurre un impacto previo por rebote o por la existencia de un material interpuesto, la bala se desestabilizará, deformará o fragmentará y penetrará en el cuerpo de la víctima dando lugar a un orificio de entrada muy irregular y de grandes dimensiones.
- Si la munición utilizada no es la adecuada al calibre del arma y la bala no se ajusta correctamente al estriado del ánima, o bien cuando se utiliza un silenciador mal alineado. En ambos casos el proyectil emerge con un movimiento inestable y alcanza el blanco en cualquier posición.
- Cuando el arma utilizada es una escopeta y el disparo es a contacto en la cabeza lo que se origina es un estallido de la cavidad craneal.

##### b) Orificios de entrada sin cintilla erosiva.

Se producen en zonas corporales como la palma de la mano o la planta de los pies; cuando se utiliza municiones de rifle de alta velocidad, o cuando la munición es blindada o semiblandada de un arma corta de gran potencia y en orificios de reentrada en las axilas o el escroto.

c) Orificios de reentrada.

La reentrada se caracteriza por ser irregular y mayor que el diámetro de la bala como consecuencia de su desestabilización a su paso por el cuerpo. Además, muestra erosión de los bordes irregular y amplia. En otras ocasiones lo que se observa es un orificio de morfología anómala y poco definida (foto 4).



Foto 4. Orificio de reentrada.

d) Materiales interpuestos y rebotes.

La existencia de un material interpuesto supone una desestabilización del proyectil que puede traducirse en la producción de orificios de entrada inusuales, impactos de fragmentos de proyectil aislado o del propio material interpuesto que actúan como proyectiles secundarios.

e) Pseudotatuaje.

En ocasiones se observan marcas sobre la epidermis que parecen corresponder a tatuaje provocado por partículas de pólvora incandescente y sin embargo no lo son. Estas marcas pueden corresponder a fragmentos de material interpuesto (madera, cristal), mordeduras de insectos, etc. Los más frecuentes son debidos a fragmentos de proyectil que han impactado previamente en una superficie dura y se han fragmentado, de modo que estos fragmentos alcanzan la piel.

## 2. Orificios de salida.

a) Existencia de reborde erosivo y/o contuso.

En la práctica habitual es relativamente frecuente ver orificios de salida acompañados de reborde erosivo y/o contuso. Estas heridas se presentan cuando la zona interesada está apoyada sobre una pared, el suelo, el respaldo de una silla, o bien cuando lleva una prenda ajustada como un cinturón, tirantes, el cuello de una camisa, etc. o bien cuando al atravesar una extremidad ésta estaba apoyada contra una superficie rígida.

b) Presencia de residuos de disparo.

Cuando se trata de disparos a contacto o corta distancia y trayectos intracorporales cortos es frecuente encontrar residuos de disparo en el orificio de salida. Esto se debe a dos factores: al empuje de los gases originados en el disparo y al efecto de succión que ejerce la bala como consecuencia de la onda de baja presión que se crea tras de ella. Todo ello permite el arrastre de partículas y su depósito a lo largo del trayecto y en los bordes del orificio de salida.

### 3. Orificios en sedal.

Son heridas de disparo superficiales que consisten en un orificio de entrada y uno de salida que están muy próximos. Se producen por el paso de un proyectil muy tangencial por una parte del cuerpo.

Su interpretación puede ser difícil, ya que ambos orificios serán muy similares, presentando ambos cintilla erosivo contusa, sin embargo la entrada normalmente tendrá la cintilla completa y excéntrica, mientras que la salida tendrá solo una parte de su borde erosionado.

### 4. Orificios producidos con armas que llevan silenciador.

Los orificios que producen los disparos con silenciador son diferentes de los producidos sin él en los disparos a contacto. En ellos es frecuente observar la impronta del silenciador en forma de erosión alrededor del orificio de entrada mucho más amplia que el propio orificio y que no guarda correspondencia con el calibre del arma. Esto ya nos da una idea del uso del silenciador, pero además hay una ausencia de las lesiones debidas a las elevadas temperaturas de los gases, así como una disminución de la cantidad de ahumamiento depositado en relación con un disparo a contacto sin silenciador.

En disparos a mayor distancia, el silenciador produce una reducción en el depósito de residuo y una mayor dispersión de los mismos en comparación con los que se originan a la misma distancia sin silenciador.

## D) MÉTODOS DE ESTUDIO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA.

Para realizar el diagnóstico diferencial entre los orificios de entrada y de salida nos basaremos en el estudio morfológico de los orificios, así como en la presencia o no de residuos de disparos tanto en la piel como en la ropa interesada por los disparos.

### 1. Examen óptico bajo el microscopio estereoscópico.

Los orificios se examinan a simple vista y, con mayor detalle, bajo un microscopio estereoscópico que nos permite tomar fotografías de los elementos característicos de cada orificio (morfología, cintilla erosivo contusa, anillo de enjugamiento, impronta del arma, etc.) y, en caso de estar presentes, también se pueden visualizar las partículas de pólvora parcialmente quemadas y los depósitos de residuos de disparo, así como su patrón de distribución y su densidad.

El estudio del patrón de disparo consiste en comprobar si las partículas de pólvora y los residuos de disparo se encuentran exclusivamente en el borde e interior del orificio, o bien si se encuentran también en el entorno del mismo, pudiendo estar en la zona más adyacente al borde o bien dispersos por la superficie epidérmica.

## 2. Detección de pólvora mediante la prueba de la difenilamina.

Las partículas que sospechamos que son de pólvora se aíslan con pinzas y se colocan en una placa de porcelana, donde se añade una gota de difenilamina sulfúrica. Los restos nitritos de la pólvora oxidan a la difenilamina y la partícula se tiñe de color azul (foto 5).



Foto 5. Partícula de pólvora con reacción positiva a difenilamina.

## 3. Análisis metálico.

Los métodos analíticos para la detección de los elementos metálicos son especialmente útiles cuando las heridas de entrada están en avanzado estado de putrefacción y no es posible la visualización de los residuos procedentes del disparo, o cuando no se observen partículas de pólvora ni residuos de disparo en el orificio de entrada.

Estos elementos metálicos provienen de los componentes del fulminante (constituido normalmente por sales de plomo, antimonio y bario) y del desgaste del proyectil y de su camisa (plomo y antimonio por un lado y cobre, zinc y níquel por el otro).

El análisis metálico se aplica como parte del protocolo del estudio de las heridas de disparo, ya que no solo es útil para la estimación de la distancia, sino que también es de gran valor para el diagnóstico diferencial entre orificio de entrada y orificio de salida.

Entre todas las técnicas analíticas que se describen en otro capítulo de este libro, nuestro laboratorio cuenta con gran experiencia en el uso de la **espectrofotometría de absorción atómica (AA)** [1,2,3]. Con esta técnica cuantitativa se analizan las concentraciones de plomo, antimonio y bario que puedan contener los bordes y proximidades de la herida, por ser los tres metales que constituyen el fulminante de las municiones convencionales actuales.

Para llevar a cabo el análisis de los orificios de disparo, la muestra ha de tomarse no del propio borde del orificio, sino de una zona próxima al mismo para evitar los metales que se depositan en el borde como consecuencia del paso del proyectil.

El análisis se basa en medir la absorción, por la muestra, de la energía que emite una lámpara del elemento a analizar. La energía absorbida es directamente proporcional a la concentración

de dicho metal en la muestra. Los resultados se expresan en partes por millón.

En trabajos experimentales se ha comprobado que las concentraciones de estos metales, especialmente el bario, son normalmente superiores en el orificio de entrada que en el de salida correspondiente. Así mismo, se ha comprobado que existe una relación entre las concentraciones de los elementos metálicos del fulminante y la distancia de disparo, si bien el metal que mantiene una mejor relación con la distancia es el bario. Esta relación es tal que, normalmente, a menor distancia entre la boca del arma y el blanco en el momento del disparo, mayor es la concentración de bario en el orificio de entrada, siempre que se utilice una misma arma y una misma munición.

El bario, en la munición, se encuentra exclusivamente en el fulminante, de ahí que la concentración de bario en un orificio de entrada normalmente sea atribuible a la presencia de residuos de disparo. Sin embargo, el plomo y el antimonio son metales que forman parte de la composición de los fulminantes habituales, pero también son los metales que conforman la bala. Esto supone que las concentraciones de plomo y antimonio en un orificio de entrada puedan ser debidas a la presencia de residuos de disparo y/o al efecto de lavado o ablación de la bala a su paso por el blanco. Dado que la estimación de la distancia se hace teniendo en cuenta la cantidad de residuos de disparo o grado de alcance de la nube de gases y residuos del disparo en el blanco, serán las concentraciones de bario las que sean más significativas para ese fin.

Otra de las técnicas empleadas en nuestro laboratorio es la **microscopía electrónica de barrido acoplada a microanálisis de energía dispersiva de rayos X (SEM/EDX)**. Es especialmente útil cuando sospechamos el uso de una munición cuyo fulminante no es el habitual (plomo, antimonio y bario), como es el caso por ejemplo de la munición Sintox, cuyo fulminante está constituido con sales de titanio y zinc.

Esta técnica no es cuantitativa y tampoco nos permite obtener un mapa de distribución de los residuos, por lo tanto, no es útil para la estimación de la distancia de disparo, pero es válida para el diagnóstico diferencial de orificio de entrada y salida.

#### 4. Técnicas analíticas para la detección de residuos en la ropa.

La ropa filtra los residuos en función del tipo de tejido y del número de capas. No es lo mismo que la víctima vista un anorak de plumas con varias prendas por debajo, a que vista una fina camisa de algodón. En el primer caso, es posible que los residuos de disparo queden todos ellos retenidos en las distintas prendas y no puedan alcanzar el plano corporal. Si sólo se analizara la herida la imagen del disparo sería diferente a la real, con lo que se haría una estimación de la distancia equivocada. De ahí la importancia de la ropa para la estimación de la distancia de disparo.

Además del examen óptico y de las técnicas analíticas mencionadas anteriormente, en la ropa se pueden realizar **pruebas quimiográficas** que nos revelan la distribución espacial de los residuos alrededor de los orificios de entrada. Estas técnicas son especialmente útiles en aquellos casos en los que el propio tejido, por diversas circunstancias, como puede ser la sangre abundante, la suciedad o el color oscuro de la prenda, dificulta la visualización de los residuos de disparo. Las técnicas empleadas son las siguientes:

##### a) Test de Griess modificado [4].

Este test sirve para revelar los restos nitrito de los residuos de pólvora, que reaccionan con el alfa naftol en presencia del ácido sulfanílico y ácido acético, utilizando un papel fotográfico

desensibilizado. El resultado positivo se pone de manifiesto con una serie de puntos naranjas-rojizos indicando el depósito de pólvora, y de esta forma se conoce el tamaño y la configuración del patrón del disparo.

b) Test del rodizonato de sodio [5].

Se utiliza para detectar residuos de plomo y bario alrededor del orificio de entrada en la ropa. Como reactivos se utiliza rodizonato sódico y buffer tartárico, y el resultado positivo se manifiesta con un punteado azulado para plomo y rosado para el bario.

## E) ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA DE DISPARO.

Para la estimación de la distancia de disparo centraremos el estudio en el orificio de entrada, teniendo en cuenta su morfología y el patrón de distribución de los residuos de disparo, así como también las concentraciones de los metales del fulminante tanto en la piel como en la prenda de ropa más externa.

### 1. Contacto o cañón tocante.

El disparo tiene lugar con la boca del arma en contacto con el cuerpo de la víctima y la elevada temperatura y la presión con la que salen del arma los gases del disparo, tienen un importante efecto sobre el blanco.

Hay que tener en cuenta que el efecto es diferente si el disparo es en una zona del cuerpo desnuda a si lo es en una zona cubierta de ropa, ya que en el primer caso va a ser la piel la que sufra el efecto de estallido, mientras que en el segundo será la ropa.

Tenemos que diferenciar entre disparos a contacto fuerte y disparos con la boca del arma simplemente apoyada sobre la piel o la ropa, ya que el aspecto va a ser muy distinto.

Cuando la boca del arma se encuentra apoyada con fuerza en la superficie externa, los gases del disparo no tienen posibilidad de escapar, por lo que penetran en el interior del cuerpo junto con la bala, la pólvora no quemada y el negro de humo. La elevada temperatura de los gases produce la quemadura de los bordes del orificio, quemadura que también se debe a la suma de materiales que salen de la boca del arma. Los bordes ennegrecidos por el abundante negro de humo, adquieren un aspecto carbonizado, sin que el ahumamiento pueda eliminarse con el lavado. En el interior del orificio se encontrará negro de humo más o menos abundante en función de la munición utilizada. Generalmente los cartuchos de bala son más “limpios” comparados con los cartuchos de escopeta. También encontraremos en el interior del orificio, aunque no en todos los casos, partículas de pólvora parcialmente quemadas e intactas.

Si el disparo se realiza con la boca del arma apoyada ligeramente sobre la piel, los gases y la bala producen su hundimiento creando una cavidad entre la piel y la boca del arma, por donde pueden escapar los gases. De esta forma, el negro de humo incluido en la nube de gases, se deposita en una banda alrededor del orificio. A diferencia del primer caso, en este el negro de humo se elimina fácilmente con el lavado.

El reconocimiento del negro de humo puede dificultarse por la desecación, la descomposición o la presencia de sangre hemolizada, por lo que en estos casos, si tampoco pueden identificarse partículas de pólvora, habrá que utilizar técnicas analíticas para investigar los elementos metálicos vaporizados del fulminante.

El orificio de entrada será pequeño y regular o grande e irregular en función de la elasticidad de las estructuras subyacentes a la piel. Las heridas de entrada de disparo a cañón tocante en la cabeza son de aspecto explosivo, salvo los disparos realizados con cartuchos de calibre .22 corto, por el pequeño volumen de gases que origina. La extensión de los desgarros del orificio de entrada depende del calibre del arma, la cantidad de gas producida por la combustión de la pólvora, la firmeza con la que se apoya el arma en la piel y la elasticidad de ésta. Si el disparo a cañón tocante es con un rifle de alta velocidad o con escopeta, se producirá el estallido de la cabeza.

Si la piel sobre la que se produce el disparo no está situada sobre un plano óseo próximo, los gases penetran y se dispersan en los tejidos blandos del cuerpo, dando lugar a un orificio redondeado de dimensiones variables.

Cuando el cañón del arma está en ángulo con respecto al plano corporal, se producen las heridas a cañón tocante en ángulo. En estos disparos, la boca del arma no se apoya en su totalidad sobre la piel, con lo cual los gases y el negro de humo difunden por dicho espacio abierto, produciéndose un depósito excéntrico alrededor del orificio de entrada, siendo la zona más ancha la opuesta a donde se encuentra el arma.

Otra característica que podemos encontrar en los orificios de entrada a cañón tocante es la impronta del arma.

Las concentraciones metálicas obtenidas, en estos casos, son variables dependiendo de la presencia o no de residuos en el borde del orificio. Cuando el disparo se produce a contacto fuerte, la mayoría de los residuos penetran al interior del cuerpo de la víctima y los valores obtenidos en el análisis metálico son inapreciables para los tres metales. Sin embargo, las concentraciones de plomo a veces son más altas por el efecto de lavado o ablación del proyectil a su paso por el orificio. Si hay residuos en el borde de la herida las concentraciones metálicas obtenidas serán muy elevadas para los tres metales.

Si hay ropa sobre la herida de entrada, las pruebas quimiográficas serán positivas.

## 2. Casi contacto.

El cañón del arma no está en contacto con la piel, sino que está separado una pequeña distancia, tan escasa, que las partículas de pólvora que salen de la boca del arma no pueden dispersarse y la mayoría penetran por el orificio, quedando sólo un escaso número de ellas depositado en los bordes.

La característica de estos orificios de entrada, ya sea en la piel o en la ropa, es la existencia de una ancha zona de ahumamiento intenso alrededor del borde, y externamente a él, un ahumamiento más disperso. El tamaño del depósito de negro de humo depende de la cantidad de gas producido y la proporción de pólvora que se ha quemado completamente.

La morfología de estos orificios a casi contacto es prácticamente siempre redondeada, al no producirse el desgarro por la entrada de los gases.

Cuando el disparo es en ángulo, el orificio de entrada a corta distancia presentará un depósito excéntrico de negro de humo alrededor, pero a diferencia de los orificios de entrada a cañón tocante en ángulo, la zona de depósito más ancha es la correspondiente al lado donde se encontraba el arma en el momento del disparo.

En el análisis metálico de las heridas no cubiertas con ropa, lo habitual es que los valores obtenidos sean elevados para los tres metales; si la herida está cubierta con ropa, esta última es la que presentará concentraciones más altas.

Las pruebas quimiográficas en la ropa serán positivas, con un patrón de distribución, tanto de las partículas de pólvora (Griess modificado) como de los depósitos de plomo y bario (rodizonato), entorno al borde del orificio.

### 3. Media distancia.

Se considera que un disparo se realiza a media distancia cuando entre la boca del arma y el blanco hay una separación tal que permite el alcance y depósito de la nube de gases y residuos del disparo, produciendo el característico tatuaje de la pólvora. Los márgenes que se manejan en este tipo de disparos varían con el arma y la munición utilizadas, pero en términos generales vienen a ser entre los pocos centímetros (1-2 cm) y un metro o metro y medio.

El tatuaje consiste en numerosas y pequeñas erosiones pardo rojizas que rodean al orificio de entrada, producidas por el impacto a gran velocidad de las partículas de pólvora sobre la piel. En la ropa, las partículas de pólvora parcialmente quemadas producirán pequeñas quemaduras agrupadas alrededor del orificio de entrada o en sus proximidades.

El tatuaje puede ser concéntrico, o excéntrico si el disparo se realiza en ángulo. En este último caso la piel correspondiente al lado donde se encontraba el arma mostrará un tatuaje más denso que la piel del lado opuesto.

Las marcas de tatuaje no pueden eliminarse y según la forma que tengan se puede tener una idea del tipo de pólvora que se ha utilizado. La pólvora en escamas produce marcas de tatuaje de formas muy variadas y la pólvora en esferas da lugar a un punteado más uniforme. En las palmas de las manos y en la planta del pie no se produce tatuaje, debido a que el espesor del estrato córneo en esta zona protege a la dermis.

La superficie cubierta por tatuaje está en relación con la distancia del disparo. Al aumentar la distancia, la superficie cubierta por el tatuaje aumenta, debido a la gradual dispersión de las partículas de pólvora.

Para arma corta, el tatuaje de pólvora se produce normalmente a partir de distancias de 1 o 2 cm entre la boca del arma y el blanco. La distancia máxima de disparo para la producción de tatuaje depende, entre otros factores, del arma, de la munición y de la forma física de la pólvora (en escamas, en esferas, etc.), pero en términos generales viene a ser alrededor de un metro, lo que no quita que partículas de pólvora aisladas pueden recorrer distancias considerables.

Además de pólvora, en las heridas a media distancia se puede encontrar partículas de negro de humo siempre que la distancia de disparo no sea muy amplia, ya que se depositan hasta una distancia de alrededor de 30 cm para arma corta, si bien esta distancia depende del arma y de la munición.

Los resultados del análisis metálico serán muy variables, teniendo en cuenta que nos movemos en un rango bastante amplio de distancia, pero en cualquier caso los valores serán decrecientes a medida que aumenta la distancia.

En las pruebas quimiográficas los resultados también son variables, pero como norma general consideramos que un test de Griess positivo se produce en el margen inferior de la media distancia. Mientras que los resultados de la prueba del rodizonato pueden ser positivos hasta el margen superior de la media, es decir, hasta un metro o metro y medio, por tanto, requiere valorar la densidad y distribución de los depósitos de manera individualizada en cada caso.

#### 4. Larga distancia.

Se considera como tal cuando la boca del arma está lo suficientemente alejada del cuerpo como para que no se produzca el alcance y depósito de la nube de gases y residuos del disparo.

El único elemento que se observa en las heridas es la cintilla erosivo contusa, producto de la acción mecánica de la bala al perforar la piel. La cintilla será concéntrica si el disparo ha sido en ángulo recto con el plano corporal y será excéntrica si el ángulo es agudo. En este caso, será más ancha en el lado correspondiente al de la entrada de la bala. En la ropa, no se observa ningún elemento que nos pueda orientar en este aspecto.

Los resultados del análisis metálico serán inapreciables para los tres metales y las pruebas quimiográficas serán negativas, no revelándose ninguna partícula de pólvora en el test de Griess modificado y en la prueba del rodizonato no se observarán depósitos de plomo y bario. Para arma corta las heridas a larga distancia se producen normalmente a partir de un metro o metro y medio aproximadamente, si bien este límite depende del arma y de la munición empleadas y solo se puede establecer con mayor precisión realizando disparos experimentales con el arma y la munición específicas.

El orificio de disparo realizado a larga distancia carece de elementos que ayuden a la estimación de la distancia, es decir, que una bala disparada a 1,20 m produce un orificio idéntico que el producido por una bala disparada a 12 m.

### 3. DISPAROS REALIZADOS CON CARTUCHO DE PROYECTIL MÚLTIPLE. DIAGNOSTICO DIFERENCIAL DE ORIFICIOS DE ENTRADA Y SALIDA. ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA DE DISPARO.

Los cartuchos de proyectil múltiple son los que utilizan habitualmente las escopetas, que son armas de ánima lisa. El uso de la escopeta en nuestro país está muy extendido debido a su uso civil para la caza.

Las escopetas pueden ser de diferentes tipos (semiautomática o repetidora, de corredera o de trombón, yuxtapuesta o paralela, etc.) y el término calibre se define de distinta forma que en las armas de ánima estriada (pistola, revólver o rifle). En la escopeta a mayor diámetro del ánima menor es el calibre y los cartuchos cargarán un mayor número de proyectiles. La más habitual es la escopeta de calibre 12.

Otro aspecto que debemos tener en cuenta en este tipo de armas es la presencia del “choke”. Es un dispositivo presente en la mayoría de las escopetas y consiste en una constricción o estrechamiento cerca de la boca del arma, que hace que los perdigones al salir se agrupen más de lo que lo harían si salieran de un cañón cilíndrico o sin “choke”. Con una misma arma se pueden utilizar diferentes grados de “choke”, según el fin que se requiera, lo que dará lugar a diferentes patrones de dispersión de los proyectiles.

En disparos de escopeta de cartuchos de perdigones o de postas, la gravedad y el poder letal de las heridas producidas dependerán del número de proyectiles que penetran en el cuerpo, así como de los órganos alcanzados por los proyectiles y del grado de destrucción tisular.

A medida que aumenta la distancia disminuye el número de proyectiles que impactan en el blanco y por tanto la capacidad lesiva. Sin embargo, a distancias cortas se comporta como un arma destructiva porque la energía del cartucho en la boca del arma es incluso superior a la de un cartucho de alta velocidad de un rifle y, además, impactan todos los proyectiles.

### A) ORIFICIO DE ENTRADA ÚNICO.

El orificio de entrada que origina un disparo con cartucho de proyectiles múltiples va a ser único o múltiple en función de la distancia del disparo.

Cuando se produce el disparo, los proyectiles (perdigones o postas) salen de la boca del arma formando una masa más o menos compacta. Viajan así agrupados hasta una cierta distancia a partir de la cual comenzarán a separarse unos de otros. Dentro de ese rango, penetrarán en el blanco dando lugar a un orificio único llamado “en bala”, como consecuencia de la entrada de los proyectiles estrechamente unidos. Una vez dentro, los proyectiles se separan en función de la resistencia de los distintos tejidos.

El orificio de entrada único tendrá una morfología circular con los bordes lisos, salvo en disparos en la cabeza a contacto o a distancia próxima. En estos últimos, el orificio de entrada en muchos casos no se puede reconocer a simple vista, al producirse el estallido de la cabeza. Para la magnitud de la herida producida en estos disparos el calibre es determinante, así, por ejemplo, un disparo en la boca con una escopeta de calibre 12 produce estallidos desde la boca al cuero cabelludo, a diferencia de lo que ocurre con los disparos en esa misma zona con una escopeta de calibre 20, que producen en la mayoría de las veces únicamente laceraciones en la zona peribuca. Esto se explica porque un cartucho de calibre 12 tiene más diámetro que uno de calibre 20, entrando en este último menor número de perdigones.

Según aumenta la distancia desde la boca del arma al blanco, la masa de perdigones comienza a abrirse, por lo que el orificio de entrada originado tendrá un diámetro más grande y con los bordes festoneados.

Al igual que en los orificios producidos por proyectil único, se podrá observar la cintilla erosivo contusa y los depósitos de residuos de disparo, siempre que la distancia lo permita.

En los disparos a cañón tocante en el tronco es posible ver la impronta del segundo cañón de la arma (foto 6).



Foto 6. Impronta del segundo cañón de la escopeta.

## B) ORIFICIO DE ENTRADA MÚLTIPLE.

Si la distancia de disparo sigue aumentando llegará un punto en el que los proyectiles comienzan a separarse de la masa principal, dando lugar a un orificio principal rodeado de orificios satélites correspondientes a la entrada de los perdigones o postas aisladas. El número y dispersión de los orificios satélites aumentará con la distancia de disparo, hasta que, a partir de una determinada distancia, ya no se producirá orificio principal, sino sólo numerosos orificios pequeños. Es lo que se conoce como "patrón o rosa de dispersión". Hablaremos más de este tipo de orificios de entrada al tratar de la distancia del disparo.

Las escopetas recortadas producen orificios anómalos, ya que con este tipo de armas se produce una dispersión de los perdigones mucho más cercana a la boca de fuego de lo que da con una escopeta convencional. Así pues, podemos encontrar un orificio principal con multitud de orificios satélites a su alrededor y al mismo tiempo presentar un depósito importante de partículas de pólvora y de negro de humo.

## C) ORIFICIO DE SALIDA.

En disparos con cartucho de proyectil múltiple es raro que se produzca la salida de los proyectiles del cuerpo, pues suelen quedar alojados.

Tan solo en algunas ocasiones se observan orificios de salida de perdigones en disparos con trayectos muy tangenciales y en disparos a contacto en personas muy delgadas. También se han observado orificios de salida en disparos a contacto o a distancia próxima con cartuchos de postas.

El orificio de salida puede variar desde una herida irregular y de gran tamaño, producida por la salida de una masa de proyectiles, hasta una única herida en forma de hendidura, producida por la salida de un solo proyectil.

En disparos a cañón tocante en la cabeza el estallido craneal que se origina no permite reconocer los orificios de salida.

## D) MÉTODOS DE ESTUDIO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA.

Cuando el orificio de entrada es único, los análisis que se realizan son los mismos que en los disparos de proyectil único.

Si el orificio de entrada es múltiple podemos valorar la dispersión y hacer estimaciones de distancia mucho mayores que en disparos con cartucho de proyectil único. En estos casos, la densidad del patrón de dispersión de los perdigones va a servir para estimar la distancia de disparo más allá del metro o metro y medio. En situaciones favorables se van a poder hacer estimaciones de más de 30 metros de distancia.

### 1. Medida del patrón de dispersión.

La medida de la dispersión de los perdigones proporciona una idea de la distancia de disparo. En la bibliografía se encuentran muchas fórmulas para el cálculo de la distancia, pero ninguna se ha demostrado totalmente fiable.

El único sistema fiable es la realización de disparos experimentales sobre papel, con el mismo arma y la munición utilizadas en el caso que se investiga y su comparación con el patrón de dispersión que presenta el disparo objeto de investigación. Los disparos experimentales

tienen que hacerse con el arma y la munición utilizadas, ya que la longitud del cañón, el “choke”, así como el tamaño del perdigón o posta, son factores de gran influencia en la dispersión de los proyectiles. Si se utilizara un arma y un cartucho diferente, el patrón de dispersión obtenido podría ser muy distinto y la estimación de la distancia de disparo errónea. La determinación de la distancia es simple y relativamente precisa cuando se dispone del patrón completo de distribución de los proyectiles. Este es el caso cuando una persona ha recibido un disparo desde una distancia menor o igual a 10 metros. Con un disparo así, todos los proyectiles, excepto los muy desviados, penetran en el cuerpo de la víctima. Otra posibilidad es si el disparo se realizó sobre una superficie amplia y plana sobre la que se encuentre todo el patrón de dispersión. Incluso si estas situaciones ideales se dan y se dispone del patrón completo, no puede esperarse una gran precisión en la estimación de la distancia, ya que ningún patrón se parece a otro, incluso utilizando el mismo arma y la misma munición a la misma distancia de disparo.

En cada caso, hay que realizar varios disparos con el arma y la munición verdaderas para que la distancia pueda determinarse comparando el patrón del caso real con los patrones de los disparos experimentales.

Es difícil, si no imposible, determinar la distancia de disparo cuando sólo se dispone de parte del patrón de dispersión originado. Esto ocurre cuando una persona recibe un disparo desde distancias amplias (mayor a 15 - 20 metros), porque el área del patrón de dispersión originado es mayor que la superficie de blanco de la persona. Esto sucede también cuando el haz de perdigones no impacta en el blanco, sino que lo que impacta son los perdigones erráticos o muy desviados.

Por otro lado, es casi imposible decir hasta qué distancia puede penetrar un perdigón, ya que depende de su velocidad en el impacto, forma y dureza, si bien se considera que la distancia máxima de alcance de los perdigones se sitúa entre 200 y 300 metros. Cuando se fusionan varios perdigones penetrarán a más distancia. El alcance depende también del arma y de algunas condiciones meteorológicas como el viento.

Por último, hay que considerar que cuando los perdigones entran en el cuerpo de la víctima, su patrón de dispersión visualizado por radiografía, no es útil para hacer una estimación de la distancia de disparo, dada la gran dispersión producida al atravesar la piel (primer blanco) y los distintos tejidos (blancos intermedios).

## 2. Patrones de dispersión.

Un factor que influye en el tamaño del patrón es la deformación de los perdigones, si se deforman mucho tras el disparo, el patrón será mucho más abierto que el que daría ese mismo cartucho con perdigones que no se deformaran.

Se han realizado esfuerzos considerables para desarrollar modelos empíricos y matemáticos para describir la dispersión de los perdigones en el disparo de una escopeta.

La dispersión de perdigones es claramente una función de la distancia, pero sólo es lineal cuando la distancia de disparo es menor a 20 m, como se ha comprobado empíricamente. Cuando se supera esa distancia la función ya no es lineal, ya que hay otras variables como la longitud del cañón, el tamaño del perdigón y el grado de “choke” del arma. Cuando las distancias van aumentando, se obtienen patrones muy diferentes a lo esperado, más amplios, debido a los perdigones deformados que tienen disminuida su estabilidad e impactan muy desviados. De ahí que los fabricantes de cartuchos hayan reconocido la necesidad de proteger el perdigón contra la deformación resultante del impulso de la descarga.

Knight, [6] propone una regla aproximada que dice que “la distancia de disparo en metros es aproximadamente igual a lo que mide en centímetros un tercio del diámetro del patrón de dispersión”. Por ejemplo, un patrón de dispersión de 9 cm de diámetro correspondería según esa regla a un disparo de 3 metros de distancia.

En el caso de las postas la dispersión es muy irregular, por lo que los patrones de dispersión experimentales no son adecuados.

## E) ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA DE DISPARO.

Se basa en la morfología de los orificios de entrada, el alcance y distribución de los residuos de disparo, el estudio del patrón de dispersión y los resultados del análisis metálico.

### 1. A contacto.

a) En la cabeza: Las heridas producidas con la boca del arma en contacto directo sobre la cabeza son de las heridas de disparo más mutilantes que puede haber. El efecto de estos disparos normalmente es una enorme destrucción de las estructuras óseas y tejidos blandos con estallido de la cabeza, es lo que se conoce con la expresión de “volarse la cabeza”. Como consecuencia del disparo, el cráneo puede resultar enormemente fragmentado, la masa encefálica pulverizada y el cuero cabelludo con grandes laceraciones.

La intensidad de los daños en este tipo de disparos se debe a dos factores:

- La carga de proyectiles al penetrar en el cráneo.
- Los gases de la combustión de la pólvora.

Los proyectiles directamente fracturan el cráneo y deshacen la masa encefálica, mientras que se producen simultáneamente ondas de presión que incrementan la intensidad de dichos daños y proyectan hacia fuera el tejido encefálico.

Cuando el gas penetra en una cámara cerrada, como es la cabeza, se expande rápidamente, contribuyendo a las ondas de presión que actúan sobre el cráneo y, como único modo de eliminar la presión producida, este se rompe. En una típica herida en la cabeza a contacto, a pesar de los grandes desgarros que presentará, en la mayoría de las ocasiones será fácil de localizar el punto de entrada de los proyectiles, pues tendrá el borde impregnado en gran cantidad de negro de humo.

b) En el tronco: Las heridas producidas por disparo realizado con la boca del arma en contacto con el tronco parecen relativamente inocuas si se las compara con la destrucción masiva que produce este tipo de disparo en la cabeza. El orificio de entrada es de morfología circular y su diámetro será igual o mayor al del ánima del arma. Pero es necesario distinguir entre el contacto fuerte o ligero.

- Si el disparo es a contacto fuerte, los bordes del orificio resultan quemados y ennegrecidos por los gases calientes. La piel no se desgarrará como en las heridas en la cabeza, ya que en el tronco los gases se dispersan en el tejido blando subyacente y cavidades viscerales. El abombamiento que se produce en la pared torácica o abdominal provoca la formación de la impronta del arma alrededor del orificio de entrada.
- Si el disparo se produce con la boca del arma en contacto ligero con la piel o a casi contacto, se producirá un depósito circular de negro de humo alrededor del orificio de entrada.

c) En otras partes del cuerpo diferentes a cabeza o tronco: La herida de entrada será un orificio circular, de diámetro bastante similar al calibre del arma, y presentarán un depósito de negro de humo en los bordes y en las paredes interiores. En estas heridas no se produce la impronta del arma alrededor del orificio pues no hay abombamiento de la piel, ya que los gases penetran hacia el interior del cuerpo y se dispersan.

Cuando el cañón del arma está en ángulo con respecto al plano corporal, se producen las heridas a cañón tocante en ángulo. En estos disparos, la boca del arma no se apoya en su totalidad sobre la piel, con lo cual, los gases y el negro de humo difunden por dicho espacio abierto, produciéndose un depósito excéntrico alrededor del orificio de entrada. La zona más ancha la opuesta a donde se encuentra el arma.

Las concentraciones metálicas obtenidas, en estos casos, son variables dependiendo de la presencia o no de residuos en el borde del orificio. Si hay residuos las concentraciones metálicas obtenidas serán muy elevadas para los tres metales.

Cuando el disparo se produce a contacto fuerte la mayoría de los residuos penetran al interior del cuerpo de la víctima y los valores obtenidos en el análisis metálico son inapreciables para los tres metales.

Si se trata de heridas mutilantes con grandes desgarros, los resultados también serán inapreciables porque a veces ni siquiera puede identificarse el propio orificio de entrada.

Si hay ropa sobre la herida de entrada, las pruebas quimiográficas serán positivas.

## 2. Casicontacto.

Las heridas producidas cuando el cañón del arma no está en contacto con la piel, sino que está separado una pequeña distancia, hace que las partículas de pólvora que salen de la boca del arma no pueden dispersarse y la mayoría penetran por el orificio, quedando sólo un escaso número de ellas depositado en los bordes. No se produce el “tatuaje de pólvora” característico de los disparos a media distancia.

La forma de las heridas a casi contacto, prácticamente siempre, es redondeada al no producirse el desgarro por la entrada de los gases (a excepción de los disparos en cabeza como ya mencionamos anteriormente).

Las características de estas heridas en cuanto a los depósitos de negro de humo, ya sea en los disparos perpendiculares al plano corporal o en ángulo, son similares a los que se observan en las heridas de proyectil único a esta misma distancia.

El análisis metálico da unos valores muy elevados para los tres metales y las pruebas quimiográficas son positivas.

## 3. Media distancia o distancia próxima.

a) En la cabeza: las heridas producidas son casi tan mutilantes como las realizadas a contacto. Sin embargo, en ellas es difícil identificar el punto de entrada pues no se produce un depósito intenso de ahumamiento en su borde.

Este tipo de heridas presentará un depósito de pólvora y negro de humo, cuyo tamaño y densidad dependerá de la distancia entre la boca del arma y el blanco, siendo el depósito de mayor tamaño y menor densidad cuanto mayor sea la distancia de disparo. Las heridas a media distancia se producen normalmente partir de escasos centímetros hasta un metro

aproximadamente. La distancia de disparo máxima a la que se produce depósito de negro de humo es de aproximadamente 30 cm.

b) En zonas diferentes a la cabeza: el orificio de entrada único en disparos con proyectiles múltiples, se produce aproximadamente hasta distancias de un metro y a partir de esta empiezan a aparecer pequeños orificios satélites alrededor del orificio principal. Sin embargo, ese valor varía en función del arma y de la munición, existiendo un solapamiento con las características que se pueden producir a distancias inferiores. Ello demuestra la existencia de una gran probabilidad de error en la valoración de la distancia si únicamente se tiene en cuenta el patrón de dispersión de los perdigones en el blanco.

Por ello es necesario valorar otros factores, tales como la presencia de tatuaje y las marcas contusas producidas por los pétalos del taco, como veremos más adelante.

En los disparos con escopeta a media distancia el depósito de pólvora es menos denso que el que produce un arma corta a la misma distancia de disparo. Esto es debido a que como el cañón del arma es más largo, la combustión completa de la pólvora en su interior es mayor, con lo que saldrán por su boca menos partículas.

Además de pólvora, en las heridas se puede encontrar negro de humo hasta una distancia alrededor de 30 cm.

Los resultados del análisis metálico serán muy variables, pero en cualquier caso los valores serán decrecientes a medida que aumenta la distancia.

En las pruebas quimiográficas los resultados son similares a los disparos realizados con proyectil único.

#### 4. Larga distancia.

El único sistema fiable para la estimación de la distancia de disparo es la realización de disparos experimentales. Cuando no contamos con esta posibilidad, en nuestra experiencia, la fórmula que propone Knight es bastante aproximada.

Otro de los elementos con los que contamos para la estimación de la distancia es el **taco**. El taco penetra junto con los proyectiles por el orificio de entrada cuando la distancia es próxima, por lo que, en el examen del cuerpo de la víctima, el taco puede encontrarse en el trayecto de la herida.

El orificio de entrada puede presentar alrededor unas marcas contusas rectangulares producidas por los “pétalos” que tienen los cartuchos en copa. Estas se han observado en disparos desde los 30 cm a 90 cm de distancia. A distancias inferiores a 30 cm los pétalos no se han abierto suficientemente para marcar la piel. A más de 90 cm, la resistencia del aire hace que los pétalos sean empujados hacia atrás y no se producen esas marcas al impactar en la piel.

Al aumentar la distancia, el taco se separa de la masa de perdigones. Si la distancia es relativamente próxima impacta al lado de la masa de proyectiles, con lo que el orificio de entrada será circular, con un borde erosivo contuso, y contiguo a él aparecerá una marca contusa circular producida por el fuerte impacto del taco. Si aumenta más la distancia, el taco impactará en el blanco con poca energía o no alcanzará. El taco puede alcanzar 20 metros o más.

#### 4. MISCELÁNEA: DISPAROS REALIZADOS CON PISTOLA DE PERNO CAUTIVO.

Estas pistolas o dispositivos se usan para la matanza de ganado y consisten en un vástago de 7 a 12 cm de longitud que se libera por la descarga de un cartucho de fogeo. Las lesiones que se producen son orificios redondeados, cuyo diámetro suele ser menor que el del perno. Presentan una cintilla erosivo contusa concéntrica y residuos de disparo en el borde del orificio. A veces pueden observarse dos o cuatro depósitos de negro de humo dispuestos simétricamente, que se producen por el gas que escapa de las aberturas que hay en la boca del arma. Las lesiones se originan a una distancia menor que la longitud del perno y teniendo en cuenta esta limitación es fácil deducir que la distancia a la que se producen es a contacto o casi contacto. El análisis metálico nos proporciona unos valores relativamente altos para los tres metales (plomo, antimonio y bario). En nuestra casuística tenemos alguno caso de suicidio producido con estos dispositivos (foto 7).



Foto 7. Disparo realizado con pistola de perno cautivo.

#### 5. DISPAROS REALIZADOS CON ARMAS DE AIRE COMPRIMIDO.

Las armas de aire comprimido no utilizan cartuchos que contengan una mezcla iniciadora ni tampoco pólvora, sino que el proyectil sale del arma propulsado por el aire comprimido. Esto hace que por la boca del arma únicamente salga el proyectil. La consecuencia es que, en el blanco, e independientemente de la distancia a la cual se realiza el disparo, no va a haber depósito de residuos y, por tanto, no tendremos elementos para hacer una estimación de la distancia de disparo.

Las armas de aire comprimido son usadas en todo el mundo para la práctica de tiro al blanco y para entrenamiento. En nuestra experiencia, en contadas ocasiones se producen muertes accidentales por el uso indebido de este tipo de armas (foto 8).



Foto 8. Disparo realizado con pistola de aire comprimido.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. GAGLIANO-CANDELA, R. COLUCCI, A.P.; NAPOLI, S. Determination of firing distance. Lead analysis on the target by atomic absorption spectroscopy. *J. Forensic Sci.* 2008; 53 (2): 321-324.
2. KOONS, R.K. Flameless atomic-absorption spectrophotometric determination of antimony and barium in gunshot residue collection swabs: a collaborative study. *Crime Lab. Dig.* 1993; 20 (1): 19-23.
3. KRISHNAN, S.S. Firing distance determination by atomic absorption spectrophotometry. *J. Forensic, Sci.* 1974; 19 (2): 351-357.
4. DILLON, J.D.; The modified Griess test: a chemical chromophoric test for nitrite compounds in gunshot residues. *AFTE J.* 1990; 22 (3): 243-250
5. DILLON, J.H. The rhodizonate test: a chemical specific chromophoric for lead in gunshot residues. *AFTE J.* 1990; 22 (3): 252-256.
6. KNIGHT B. Lesiones por armas de fuego y explosivos. En: *Medicina Forense de Simpson*. 2.ª ed. en español. México: Manual Moderno; 1999. p. 79-88.

### Bibliografía general.

DI MAIO, V.J.M., Heridas por arma de fuego: Aspectos prácticos sobre las armas de fuego, balística y técnicas forenses. Ediciones La Rocca, Buenos Aires; F.I.1999.

DOLINAK, D., MATSHES E., Firearm Injuries. In: Dolinak, Matshes, Lew editor. *Forensic Pathology: Principles and Practice*. USA: Elsevier Academic Press; 2005. p. 163-200.

GISBERT CALABUIG, J.A., Castellano Arroyo M. Lesiones por arma de fuego y explosiones. En: Gisbert Calabuig JA, editor. *Medicina Legal y Toxicología*. 6ª ed. Barcelona: Masson; 2005. p. 394-408.

SPITZ, W.U., Injury by gunfire. Gunshot Wounds and Shotgun Wounds. In: Spitz WU, editor. *Medicolegal Investigation of death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation*. 3ª ed. Springfield- IL: Charles C. Thomas; 1993. p. 311-412.

**7**

**Histopatología  
forense de  
las lesiones  
por armas  
de fuego.**

# Histopatología forense de las lesiones por armas de fuego.

MARISOL SÁNCHEZ DE LEÓN ROBLES<sup>1</sup>

## 1. INTRODUCCIÓN.

El estudio histopatológico de las heridas por arma de fuego suele ser una rareza que en algunos pocos casos viene a completar con un par de fotos la morfología de las heridas de disparo o de los órganos internos lesionados, tal sucede en los capítulos dedicados a las armas de fuego de conocidos libros de patología forense [1-4]. El escaso protagonismo del estudio histopatológico en este tema está justificado por la extensa información obtenida, no sólo en el levantamiento, estudio macroscópico de autopsia con lesiones que son más que elocuentes sobre la causa de la muerte; también en los complejos y completos análisis de balística, análisis de las heridas en el laboratorio de criminalística, de los residuos de disparos y otros estudios no menos importantes, como pruebas experimentales o balística comparativa. Por lo tanto, la solicitud del análisis histopatológico por parte de los forenses en estas muertes queda en un segundo plano, que se traduce en la pequeña casuística de nuestro laboratorio.

## 2. QUÉ PUEDE APORTAR EL ESTUDIO HISTOPATOLÓGICO.

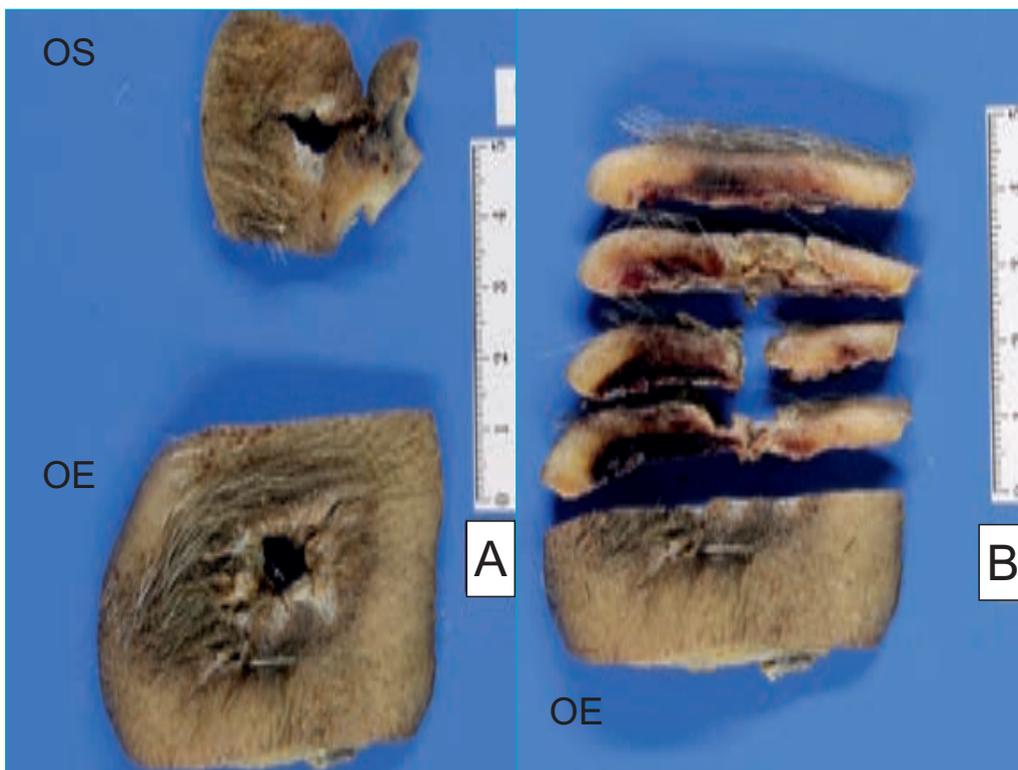
El estudio histopatológico fundamentalmente, describe en detalle las lesiones microscópicas de las muestras de piel y de órganos internos afectados por los disparos (estudio micro-morfológico) lo que implícitamente nos lleva a la determinación de la vitalidad y estimación de su data.

### A) ESTUDIO MICRO-MORFOLÓGICO.

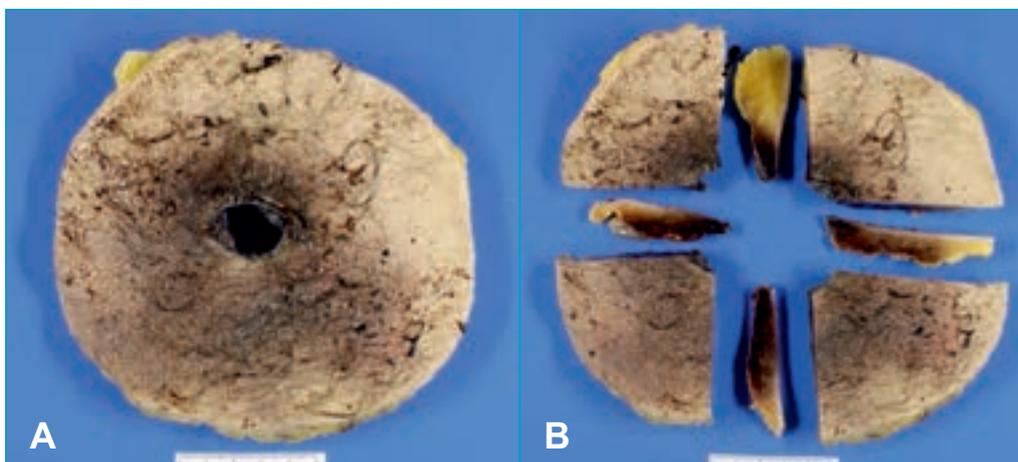
#### 1. Heridas en Piel.

El estudio histopatológico puede ampliar y complementar datos sobre la morfología de las heridas de entrada y salida (en piel y tejido subcutáneo), realizándose un muestreo tras la fijación en formol al finalizar el análisis Criminalístico (estudio detallado con el microscopio estereoscópico y estudio de los residuos de disparo). En Criminalística se realiza un muestreo del orificio, en superficie y en el interior de la herida, y a continuación, la muestra se fija en formol, procediéndose a tallar, en la medida de lo posible el sector del orificio que no se ha manipulado y se realizan secciones seriadas del borde de la herida, seleccionando cortes con bisturí de zonas indemnes, como referencia control. Foto 1 (A y B, caso 5, tabla 1) y Foto 2 (A y B, caso 3, tabla 1).

1. Facultativo del Servicio de Histopatología. Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses de Madrid.



**Foto 1. A.** Caso 5, tabla 1. Varón, 39 años. Suicidio con pistola de 9 mm. Herida de entrada (OE) en región temporal derecha, herida con bordes anfractuados y congestión periférica; orificio de salida (OS, en región temporal izquierda) muestras fijadas en formol tras el estudio Criminalístico. **B:** detalle de las secciones seriadas del orificio de entrada (OE) con bordes irregulares e infiltrado hemorrágico en todo el grosor de la muestra.



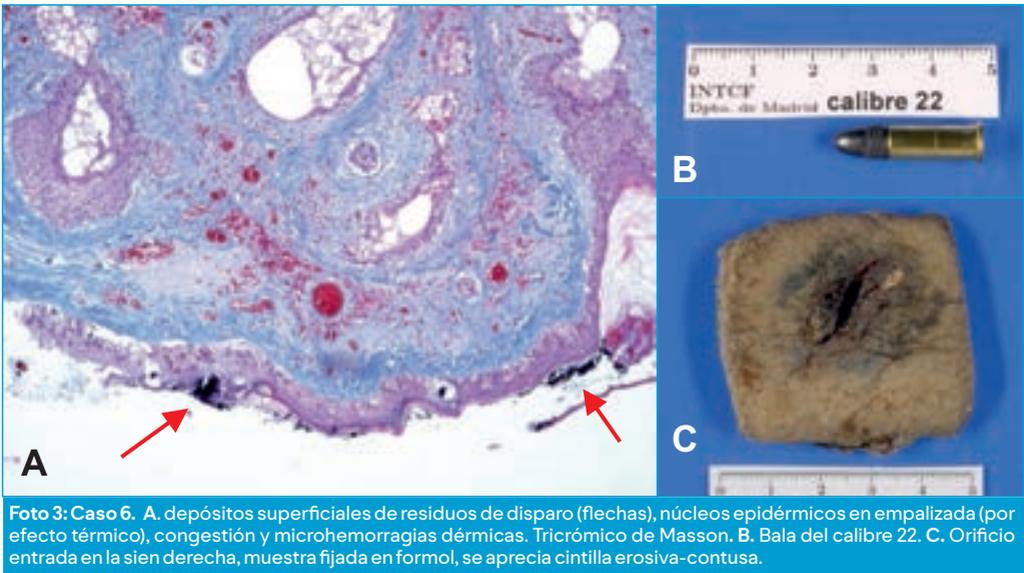
**Foto 2.** Caso 3, tabla 1. Varón, 40 años. Suicidio con escopeta de perdigones, a contacto, en región medio esternal; orificio de entrada redondeado de 23 mm, con cintilla erosiva no muy marcada y contusión amplia (producida por cartucho calibre 12 y perdigones del n° 7, según informe Criminalístico); no había orificio de salida. Muestras fijadas en formol tras el estudio Criminalístico. **A:** la herida tras la fijación en formol. **B:** secciones en distintos puntos de los bordes de la herida.

En la **Tabla 1:** se resumen los principales hallazgos microscópicos de 7 casos analizados con muestras de piel con heridas de disparo.

CASO sexo y edad	ORIFICIO ENTRADA <i>muestra enviada</i>	ORIFICIO SALIDA	EML	MUNICIÓN ARMA/ DISTANCIA	SUPERVI- VENCIA	CAUSA MUERTE
Caso 1 Varón, 31 años	Muslo dcho. Aplastamiento Metacromasia en dermis, leve hemorragia.	Fibras textiles en los bordes	H	perdigones casi contacto	NO	Perforación cardíaca múltiples disparos
Caso 2 Varón, 64 años	Parietal dcha: Borde irregular, rotura fibras, hemorragia, degeneración muscular, Pólvora superficie.	Parietal izda Bordes irregulares o recortados (manipulados) hemorragia	S	Arma de avancarga  contacto	NO	Lesión encefálica por arma de fuego
Caso 3 Varón, 40 años	Región esternal media. Bordes irregulares, epidermis núcleos picnosis y empalizada, pólvora, compactación metacromasia dermis hemorragia.	Sin orificio de salida	S	escopeta Perdigón  contacto	NO	Estallido cardíaco y grandes vasos
Caso 4 Varón, 48 años	Temporal izquierda. Gran hemorragia, fibras opacas, erosión focal leve metacromasia	Temporal derecho (no envía).	S	Pistola 9 mm  distancia <6 cm	NO	Destrucción centros encefálicos vitales
Caso 5 Varón, 39 años	Temporal dcha Hemorragia, roturas fibras dermis, degeneración músculo, restos de tejido óseo	temporal izda escasa hemo, borde irregular, fragm óseos, cartilago y músculo borde	S	Pistola 9 mm  Contacto	NO	Destrucción Centros encefálicos vitales
Caso 6 Varón, 77 años	Sien derecha (entrada) enviada bordes irregulares, partículas NEGRAS en superficie, hemorragia, fibras opacas. Cintilla contusa	No envía	S	Pistola 22  Contacto en ángulo	NO	Destrucción centros encefálicos
Caso 7 Varón, 58 años	Precordial. Bordes rectos manipulados, leve hemo, degeneración músculo, rotura fibras conectivas	espalda, similar entrada, borde manipulado, leve hemo escaso músculo degenerado	S	No se indica.  contacto	No se indica	No se indica

**Tabla 1:** Resumen de los principales hallazgos microscópicos en los orificios de entrada y salida analizados, con datos sobre edad, sexo, lesiones en las heridas, etiología médico legal (EML) calibre, arma, distancia, supervivencia y causa de muerte. H: homicidio, S: suicidio. Arma de avancarga: arma de fuego en la que tanto el proyectil como el propelente son cargados por la boca del cañón de la misma.

Todos ellos corresponden a varones (entre 31 y 77 años); según su etiología médico legal, uno es homicida y el resto suicidios. El caso 1, homicidio, presentó múltiples heridas de disparo por escopeta de perdigones, uno de los disparos en tórax y la causa de muerte fue perforación cardíaca. Los casos de suicidio, cuatro de ellos son disparos únicos en la cabeza (orificios de entrada en lado izquierdo y orificio de salida en lado izquierdo y un caso con orificio de entrada en lado izquierdo y salida en lado derecho); siendo su causa de muerte destrucción de centros vitales encefálicos; y dos casos con disparo en región torácica, cuya causa de muerte fue lesión cardíaca y de grandes vasos. En todos estos casos, había análisis Criminalístico previo, lo que quizá haya podido limitar lógicamente el hallazgo de residuos de disparo en los orificios de entrada. Hemos hallado partículas negruzcas compatibles con residuos de disparo en dos casos con escopeta de perdigones a contacto y un caso con pistola del calibre 22 a contacto en ángulo (Foto 3, caso 6).



Se han observado lesiones indicativas de quemadura epidérmica y erosiones, (Foto 3, caso 6) o metacromasia del tejido conectivo, por efecto de la energía térmica y mecánica [5, 6] como se aprecia en la Foto 4, (caso 1) en los orificios de entrada realizados a contacto o casi a contacto y en un caso, lesiones compatibles con cintilla erosivo-contusa (Foto 3C y Foto 5). Otras lesiones observadas son hemorragia y rotura de fibras conectivas en dermis y tejido celular subcutáneo (Foto 6), degeneración muscular segmentaria y discoide (Foto 7) y ocasionalmente, hallazgo de fragmentos de tejido óseo (Fotos 8 y 9, casos 4 y 5), tejido cartilaginoso o muscular en los bordes del orificio, tanto de entrada como de salida, todo ello, debido a la fragmentación del plano tisular próximo por el efecto de la energía cinética y contusión por el proyectil [3].

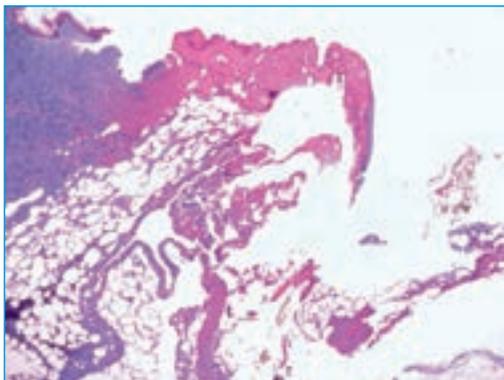


Foto 4. Borde de disparo, intensa metacromasia. Masson.

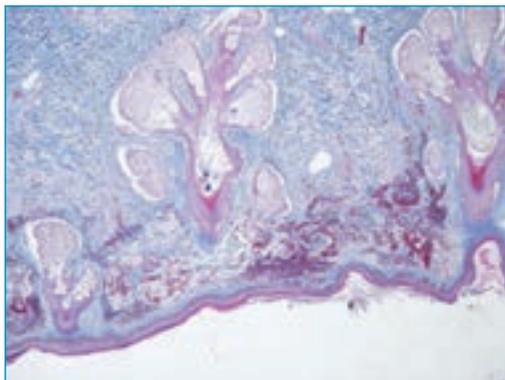


Foto 5. Microhemorragias, área de contusión. Masson.

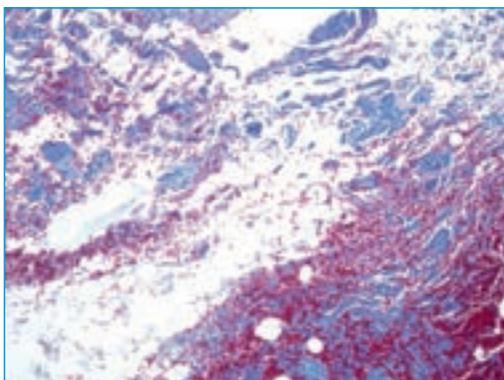


Foto 6. Hemorragias y rotura fibras conectivas. Masson.

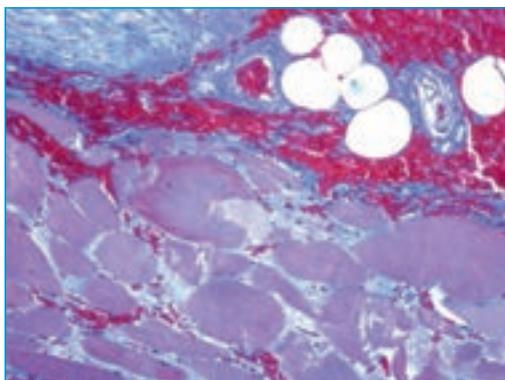


Foto 7. Degeneración segmentaria muscular. Masson.

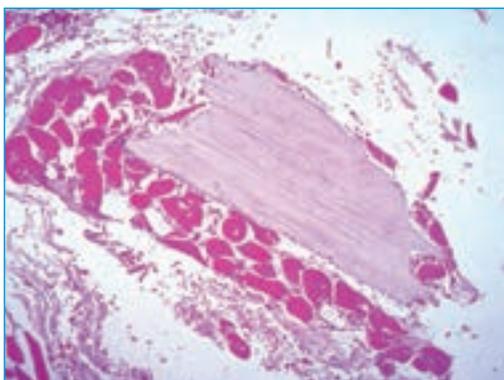


Foto 8. Fragmentos óseos y musculares. HE.

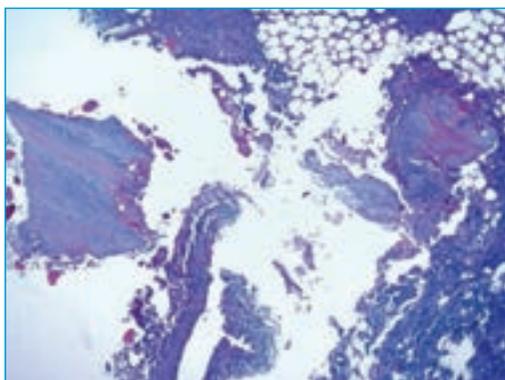


Foto 9. Fragmentos óseos en los bordes de una herida. Masson

En la **Tabla 2** se expone el resumen de las lesiones microscópicas cutáneas de las heridas de entrada y salida de disparo analizadas, en relación con el calibre y distancia, que ayudan al diagnóstico de vitalidad [2, 5].

LESIÓN	Orificio ENTRADA	Orificio SALIDA	CALIBRE/ distancia En nuestros casos
Necrosis/quemadura piel y pelos. Erosiones focales	SI	NO	Perdigones: 1 9 mm: 1
Rotura fibras conectivas	SI	SI	Perdigones: 9 mm: calibre 22:
Metacromasia	SI	NO	Perdigones: 2 9 mm: 1 contacto
HEMORRAGIA	SI, más intensa	SI	En todos nuestros casos.
Depósitos pólvora/ contaminación con fibras textiles	SI. Puede observarse pólvora en superficie y bordes internos orificio.	POLVORA NO.  Pueden verse fibras textiles	Perdigones: 2 Pistola 22: 1
Degeneración Muscular	SI	SI	Perdigón: 1 9 mm: 2 calibre 22: 1
Esquirlas óseas, otros restos tisulares	SI, en cuero cabelludo	SI, en cuero cabelludo	9 mm: 1 contacto
Fibrina, plaquetas R. leucocitaria	No en nuestros casos	No en nuestros casos	

Tabla 2. Lesiones microscópicas en heridas de PIEL, orificios de entrada y salida.

## 2. Heridas en órganos internos.

En las lesiones por arma de fuego estudiadas en otros órganos, como encéfalo, corazón, o pulmón, se realiza un examen macroscópico según nuestros protocolos de tallado y se procede a seleccionar zonas lesionadas y zonas indemnes como referencia control.

Según estudios realizados por el FBI, el potencial lesivo depende de la colocación, orientación del proyectil, grado de cavitación y densidad de los tejidos y también a la deformación, desviación y fragmentación del proyectil. Así los tejidos elásticos como los pulmones presentan heridas relativamente pequeñas, mientras que órganos sólidos como el hígado o el riñón presentan rotura y laceración [3]. Otros criterios señalados en la destrucción de tejidos en las heridas de disparo son el calibre del proyectil, su velocidad y su ángulo de entrada [2] y la distancia del disparo [7].

Se pueden considerar dos categorías de lesiones: contusión y laceración por impacto de baja velocidad o por proyectiles de alta velocidad [7]. En el primer caso se produce rotura mecánica de los tejidos por efecto del proyectil y los gases al atravesarlos, con hemorragia generalizada por lesión de los vasos locales; se puede producir daño secundario por la fragmentación del hueso o la bala, incrementando la magnitud del traumatismo. El riesgo vital depende de la localización, siendo máximo sobre el corazón o el encéfalo. Los proyectiles de alta velocidad producen daños desproporcionados en relación con su diámetro debido a los efectos de la cavitación, con destrucción y hemorragia del tejido causado por la transferencia de energía lateral al paso del proyectil, éste es particularmente dañino en órganos sólidos, como el cerebro y el hígado.

Según estas premisas el espectro de lesiones que podemos encontrar es amplio y diverso, según veremos a continuación.

### a) Encéfalo:

En la **Tabla 3** se recogen cinco casos analizados con disparos en encéfalo, cuatro de ellos eran

varones entre 30 y 67 años y una mujer de 17 años; en uno de ellos no había análisis criminalístico al tratarse de una muerte con 11 meses de supervivencia (caso 2). En cuanto a las heridas de disparo, en dos casos el orificio de entrada estaba situado en lado derecho (región temporal y hemicara derecha) y en tres casos, la entrada estaba en lado izquierdo. En dos casos (1 y 2) no había orificio de salida cutáneo porque la bala quedó alojada en el cuero cabelludo de la región temporal izquierda y en la órbita derecha, respectivamente. La etiología médico legal, hasta donde avanzaron las investigaciones fue de dos suicidios, dos homicidios y el caso 5, dudoso suicidio pues la víctima era diestra y había residuos en el antebrazo y mano izquierdos, y el orificio de entrada estaba en la región parietal izquierda.

En los casos 1 y 2, no había orificio de salida, por lo que podemos pensar que se trataba de proyectiles de baja velocidad, el caso 1 sobrevivió 24 h y el caso 2, 11 meses (con múltiples complicaciones infecciosas durante ese tiempo y falleciendo de neumonía bilateral). La causa de muerte en 4/5 casos fue traumatismo craneoencefálico por el disparo.

Las lesiones encefálicas macroscópicas observadas en 4/5 casos, consisten en bandas de laceración parenquimatosa que relacionan las heridas de entrada y salida del proyectil, con hemorragia subaracnoidea (Fotos 10 y 11, caso 1); hemorragia intraventricular (Foto 11); hemorragia parenquimatosa en el trayecto del disparo y focos contusivos adyacentes a las heridas de entrada y salida, también descritos en la bibliografía [2,6] tal como se observan al microscopio (Foto 12); ocasionalmente se observan pequeños fragmentos óseos próximos a la herida de salida (Foto 13) lo que incrementa el potencial lesivo al producir trayectorias secundarias del proyectil [4]. En el caso 1, con supervivencia de 24 h se observó incipiente infiltrado inflamatorio leucocitario próximo a las lesiones (Foto 14) e hipoxia neuronal en el hipocampo (Foto 15).

CASO	Análisis Criminalístico	ENTRADA	SALIDA	EML	Calibre/ arma/ distancia	Super vivencia	Causa muerte
CASO 1 Varón, 30	SI Cintilla erosivo contusa residuos Negro humo pólvora quemada	Temporal dcha.  Solo envían ENC	No hay orificio. Bala alojada en c. cabelludo o temporalizado. Gran hemo	S	No consta.  A contacto	24 h	TCE disparo arma fuego. Destrucción encefálica. Muerte cerebral
CASO 2 Varón, 67	NO	Región Retro-Auricular Izda. Lesión cicatricial	No hay. Bala alojada orbita dcha	S	No consta.	11 mese (02/ 11 01/12)	Complicaciones multiorgánicas Neumonía bilateral
CASO 3 Varón, 39	Si, múltiples heridas piel	TEMP Izdo	TEMP Dcho	H	NO/  Larga distancia	NO	TCE, lesión encefálica, múltiples disparos mmii
CASO 4 Varón, 52	SI	bajo ojo dcho	NUCA a nivel atlas axis. Contusión lesión médula	H	pistola Zastava calibre 7,65 silenciador. Se descarta contacto o corta distancia	NO	TCE, HSA, lesión medular

CASO 5	SI, kit residuos manos antebrazo izquierdo. Piel OE Izquierda Cintillay residuos cráneo	temporo-parietal izda anterior	temp dcha próxima occipital	S/H (*)	Piatola STAR modelo S super. 9 mm corto  contacto	NO	TCE secundario a disparo arma fuego
--------	---	--------------------------------	-----------------------------	---------	---	----	-------------------------------------

**Tabla 3.** Casos de disparos en encéfalo, con datos sobre edad, sexo, análisis criminalístico, orificios entrada y salida, etiología médico legal, arma, calibre y distancia, supervivencia y causa de muerte. H: homicida. S: suicida. HSA: hemorragia subaracnoidea. TCE: traumatismo craneoencefálico. (\*) investigación en curso sobre la etiología médico legal, pues la víctima era diestra.



Foto 10. Hemorragia subaracnoidea.

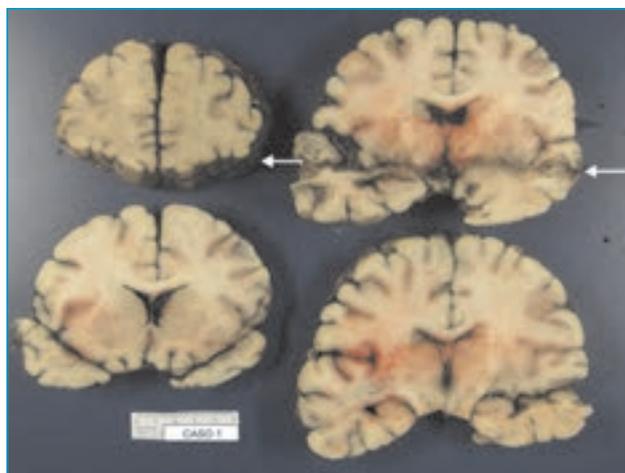


Foto 11. Laceración lineal, hemorragia ventricular, trayecto del proyectil (flechas).

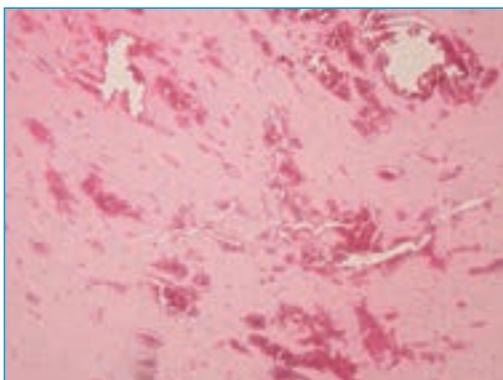


Foto 12. Focos contusivos, caso 1.

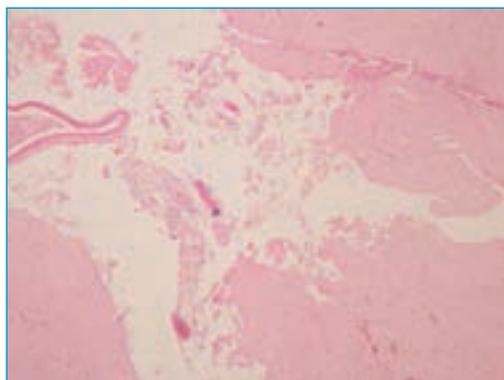


Foto 13. Fragmentos óseos en herida de salida, caso 1.

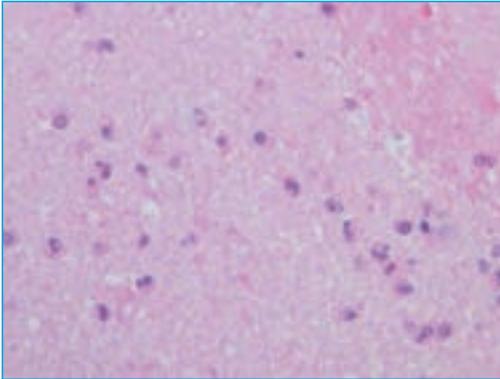


Foto 14. Detalle de reacción leucocitaria, sobrevive 24 h.

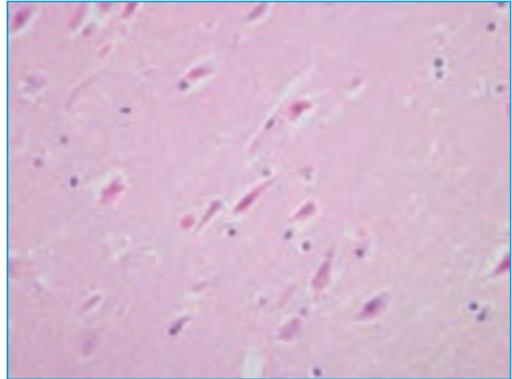


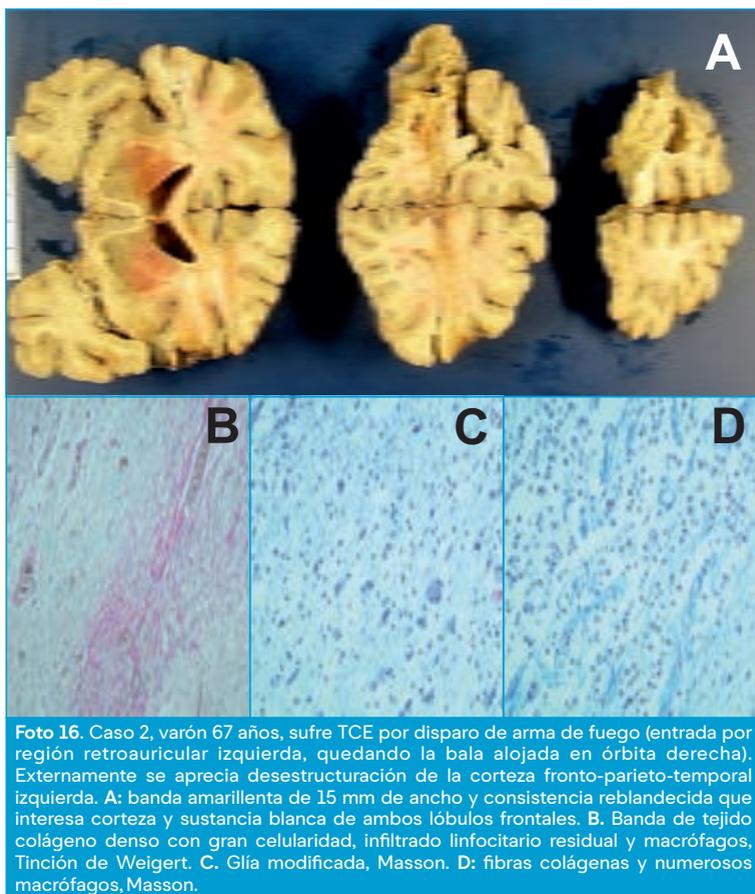
Foto 15. Detalle de neuronas acidófilas, hipoxia neuronal.

En la **Tabla 4** se resumen las lesiones microscópicas encontradas en los encéfalos y médula espinal de los casos analizados.

LESION	ENTRADA	SALIDA	SUPERVIVENCIA
<b>Hemorragia subaracnoidea</b>	temp Izda, POCA.	temp D, escasa	NO, caso 3, caso 5
	HSA EN CEREBELO Temp. Dcho. poca	HSA EN CEREBELO hemisferio izdo, extensa	NO, caso 4 24 h, caso 1
<b>HEMORRAGIA VENTRICULAR</b>			No, casos 3, 4 y 5 24 h, caso 1
<b>CONTUSIONES</b>	zonas próximas heridas	En zonas próximas y protuberancia	NO, casos 3 y 5
	“ “	“ “	24 H
<b>LACERACIÓN LINEAL</b>	SI de Izda a Dch	interesa GB, Cerebelo.	NO, casos 3 y 5
	Si de D a izda	GB, quiasma, corteza cb.	24 H, caso 1
	de IZD a Dcha	hemisferios frontales	11 meses, caso 2.
<b>HIPOXIA NEURONAL</b>	Corteza e hipocampo izdo		NO, caso, 5
	Si, hipocampo, corteza cerebral y cerebelosa		24 H, caso 1.
<b>EDEMA</b>			NO. Caso 5 24 H, caso 1.
<b>FRAGMENTOS ÓSEOS</b>	en el trayecto y próximos a la herida entrada.		No, caso 5
		SI próximos a herida salida	24 H, caso 1
<b>REACCIÓN LEUCOCITARIA</b>	SI	SI	24 H, caso 1.
<b>CICATRIZ.</b>	colágeno, tej granulación	colageno, tej granulación	11 MESES, caso 2
<b>LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA</b>		HSA, necrosis neuronal, solución continuidad medular y hemorragia.	NO, caso 4

Tabla 4. GB: ganglios basales. Tej. Granulación: tejido de granulación. HSA: hemorragia subaracnoidea.

En el mecanismo de lesión de los disparos sobre el encéfalo, existen múltiples factores que determinan el grado de daño tisular [4], la falta de elasticidad y el alto contenido en agua le hacen muy vulnerable a la cavitación y mecanismo de estiramiento y a los fragmentos óseos desprendidos, lo que da lugar a hemorragia subaracnoidea y numerosos focos de contusión.



**Foto 16.** Caso 2, varón 67 años, sufre TCE por disparo de arma de fuego (entrada por región retroauricular izquierda, quedando la bala alojada en órbita derecha). Externamente se aprecia desestructuración de la corteza fronto-parieto-temporal izquierda. **A:** banda amarillenta de 15 mm de ancho y consistencia reblandecida que interesa corteza y sustancia blanca de ambos lóbulos frontales. **B.** Banda de tejido colágeno denso con gran celularidad, infiltrado linfocitario residual y macrófagos, Tinción de Weigert. **C.** Glía modificada, Masson. **D:** fibras colágenas y numerosos macrófagos, Masson.

En las lesiones microscópicas de la tabla 4, llama la atención la respuesta tisular observada en los casos con supervivencia de 24 h y 11 meses (Foto 16) por lo insólito de los mismos. Sin embargo, tales hallazgos son coherentes con las lesiones observadas por diversos autores en la datación de lesiones encefálicas [2,8,9]. En nuestros casos se conocía la cronología perfectamente por los informes de exitus e historia clínica lo que nos ayudó a corroborar la datación.

b) Corazón:

En dos de nuestros casos se envió el corazón y en la **tabla 5** se recogen los datos generales sobre edad (25 y 40 años), ambos varones, ambos casos homicidios, ambos sin supervivencia y en ambos la causa de muerte fue destrucción de centros vitales (corazón y grandes vasos). Uno de los casos corresponde a una herida por rifle para matar jabalíes (posiblemente calibre 300 magnum o 30-06 para Winchester) a larga distancia y en el otro caso se utilizó un revólver calibre 38 a contacto. Sólo se enviaron muestras de las heridas de entrada y salida para Criminalística en el caso 2 porque en el caso 1 se envió los orificios de los disparos sólo en la ropa.

CASO	CRIMI	ENTRADA OE	SALIDA OS	EML	calibre/ arma/ distancia	super vivencia	causa muerte
caso 1 V 40	SI, ROPA	tórax anterior orificio pequeño, (no envía). solo cor y pul y Fx costal. <b>Severa laceración biventricular.</b>	espalda, orificio de mayor tamaño	H	rifle jabalíes/ Larga distancia varios posibles calibres	NO	destrucción centros vitales corazón y ambos lóbulos pulmón izdo.
caso 2 V 25	SI, piel y costilla, cintilla erosiva residuos	pectoral izda inframamaria, OE 6 mm con cintilla erosivo contusa  <b>corazón, Lesión VDA</b>	hemidorso dcho infraescapu lar. OS 10 mm  <b>corazón, Lesión VDP</b>	H	revolver calibre 38/ contacto	RCP torac ocent esis	rotura traumática cardíaca, hemotórax. Pulmón 2 Heridas LID

**Tabla 5. casos de disparos en corazón.** Fx: fractura. H: homicidio. OE: orificio entrada. OS: orificio salida. Cor: corazón. Pul: pulmón. VDA: ventrículo derecho anterior. VDP: ventrículo derecho posterior. LID: Lóbulo inferior derecho del pulmón.

Las lesiones microscópicas de nuestros casos se recogen en la **tabla 6**, y en la Foto 17 se observa macroscópicamente la importante destrucción cardíaca por la bala de alta velocidad en el caso 1, así como las grandes dimensiones de las heridas cardíacas en ambas caras del ventrículo derecho del caso 2 (Foto 18) a diferencia del tamaño de los orificios de entrada y salida en la piel, quizá debido a que la bala (que no se encontró) podría tener la punta hueca que tiene mayor poder destructivo. Foto 19: **A**: ejemplo de bala de caza mayor, del calibre 30-06 para rifle Winchester, como en el caso 1. **B**: bala del calibre 357 Magnum para revólver del 38, como en el caso 2).

LESION CORAZON	ENTRADA	SALIDA	CALIBRE/ DISTANCIA
Laceración irregular bordes, con necrosis <b>bandas de contracción</b> no limitadas a la herida.	<b>caso 1.</b> SEVERA destrucción/laceración en ambos ventrículos.  <b>Caso 2.</b> Laceración transmural VDA (3,5X2 cm) TAB (contusión y hemorragia)	<b>Caso 1.</b> No se identifica netamente la salida.  <b>Caso 2.</b> Laceración transmural VDP (1,8 x 1,8 cm)	<b>Caso 1.</b> Rifle jabalíes larga distancia (caso 1)  <b>Caso 2.</b> Revólver calibre 38/ contacto (caso 2).
HEMORRAGIA Epicárdica, Intramural	SI	SI	En ambos casos.

**Tabla 6. Lesiones microscópicas por disparos en corazón en nuestra casuística y en la bibliografía [10, 11].** VDA: ventrículo derecho anterior. VDP: ventrículo derecho posterior. TAB: tabique interventricular.



Foto 17. Caso 1. Disparo con proyectil de alta velocidad. Severa laceración/destrucción cara anterior (Foto) y posterior en ambos ventrículos.



Foto 18. Caso 2. Disparo con bala calibre 38. Heridas transmurales en ventrículo derecho, de grandes dimensiones (se indica con varilla metálica) de forma irregular y bordes anfractuados.



Foto 19. A: Bala de alta velocidad para caza mayor. B: Bala para revólver del calibre 38.

c) Pulmón:

En la **tabla 5** se muestran los dos casos con lesiones cardíacas por arma fuego, que también alcanzaron ambos lóbulos pulmonares izquierdos (caso 1, Foto 20) y el lóbulo inferior derecho (caso 2, Foto 21). En ambos casos las heridas en la superficie del pulmón eran relativamente de pequeñas dimensiones, debido a la gran elasticidad [3] y poca densidad del parénquima, al contrario de las heridas en órganos más densos. A nivel microscópico se confirman los bordes muy irregulares de las heridas penetrantes en el parénquima pulmonar con infiltrado hemorrágico y zonas de atelectasia, tal como se describe en la bibliografía [2].

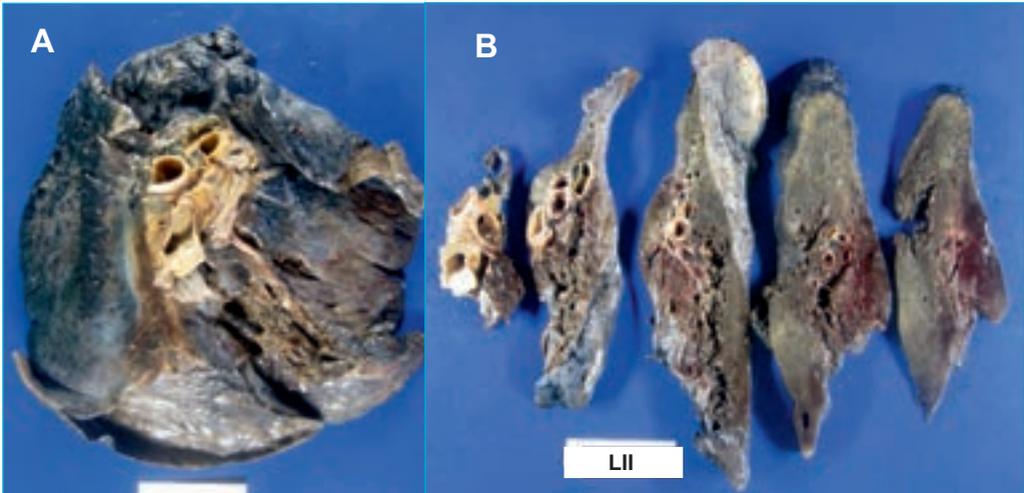


Foto 20. Caso 1. Disparo con proyectil de alta velocidad, rifle de caza mayor. A: pulmón izquierdo con heridas penetrantes en ambos lóbulos. B: secciones seriadas del lóbulo inferior (LII) con laceración irregular que profundiza en el parénquima con hemorragia y atelectasia.

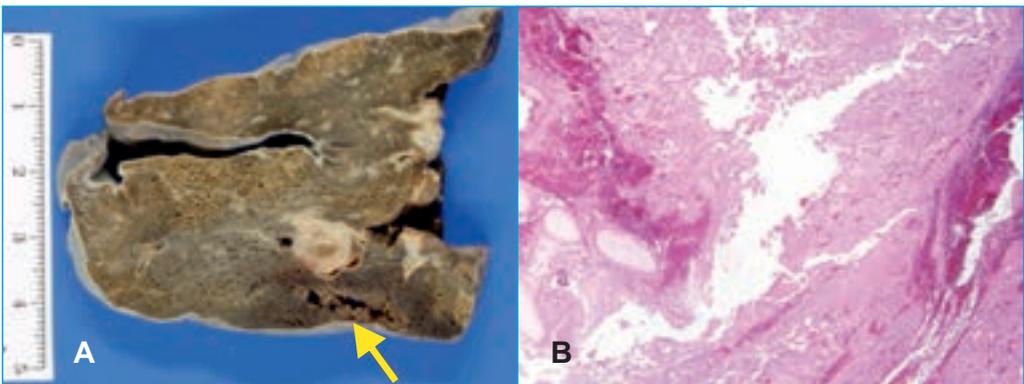


Foto 21. Caso 2. Disparo con bala calibre 38. A: sección del lóbulo inferior derecho con herida penetrante (flecha). B: Laceración del parénquima, hemorragia y atelectasia. Hematoxilina y eosina.

## B) ESTUDIO DE VITALIDAD Y DATA.

El estudio histopatológico de los disparos aporta la posibilidad de diagnosticar la vitalidad y la data de la lesión, que pueden tener relevancia en casos de etiología o circunstancias dudosas. Como bien sabemos en patología forense el estudio de la reparación de las heridas es la base para determinar la vitalidad y su data [12,13] siendo conocidos los múltiples factores que interfieren con la respuesta inflamatoria y condicionan el diagnóstico de vitalidad y datación [13-16]. Estos factores son la edad, tamaño de la lesión, tipo de tejido (su vascularización) estado de salud de la persona, etc.

En los casos de disparos, únicos o múltiples, éstos suelen suceder en un momento muy próximo a la muerte y tienen relación directa con la misma, siendo mínima la supervivencia, escasos minutos en general y menos de 1 h. Por lo que muy pocas veces podemos detectar al microscopio indicios de reacción inflamatoria y el estudio histopatológico, sólo ofrece una

orientación o estimación aproximada de la data [16]. Por ello son excepcionales e insólitos los dos casos con disparos en encéfalo (tablas 3 y 4) que presentan una reacción aguda y una reacción cicatricial de meses, respectivamente.

El criterio para elegir los parámetros más fiables incluye en primer lugar la búsqueda simultánea de varios parámetros, cuya combinación reduzca el margen de error en la vitalidad y la data, en segundo lugar, buscar marcadores que no existen en individuos sanos, muestreando zonas de referencia control (sin lesión) y buscando aquellos parámetros que siempre estén ausentes en heridas postmortem [13].

El diagnóstico de vitalidad de nuestro estudio se apoya en todas las lesiones microscópicas referidas en las diferentes **tablas 2, 4 y 6**, anteriormente expuestas, que aportan un conjunto de marcadores en las diferentes heridas y tejidos interesados. Son especialmente interesantes en las lesiones próximas a la muerte, la combinación de herida con hemorragia y la degeneración muscular (en piel/ tejido subcutáneo), la combinación de edema, hipoxia neuronal, focos contusivos y reacción leucocitaria iniciada (caso 1 de la tabla 3, en encéfalo) y por supuesto la lesión de fibras miocárdicas (en los casos de disparos en corazón) con una distribución característica en relación a la proximidad a la herida de disparo (en el caso de bala de baja velocidad) o con una amplia distribución en zonas miocárdicas más remotas a la herida (con balas de alta velocidad) tal como se ha observado en nuestros casos y se ha descrito en la bibliografía [10, 11].

### 3. CONCLUSIONES: APORTACIONES DEL ESTUDIO HISTOPATOLÓGICO EN LESIONES POR ARMAS DE FUEGO.

- Complementa los hallazgos de autopsia relativos a las lesiones mortales o en el caso de lesiones por múltiples disparos (análisis micromorfológico).
- Ayuda a entender el mecanismo lesivo y los efectos de los disparos sobre la víctima (observándose laceraciones, quemaduras, hemorragias, destrucción del plano óseo, contaminación con los residuos del proyectil, etc) y constatar un mayor o menor poder destructivo en función del tipo de munición.
- Ofrece la posibilidad de realizar el diagnóstico de vitalidad de las lesiones de disparo en los diferentes tejidos (heridas en piel y órganos internos) analizando los diferentes marcadores de lesión en cada uno de ellos.
- En paralelo a la vitalidad se puede establecer una datación orientativa de las lesiones por disparo en casos con supervivencia; siendo de gran ayuda conocer los datos de autopsia, datos del análisis criminalístico, si hubo atención sanitaria o supervivencia para valorar los hallazgos microscópicos en el contexto adecuado.

### 4. BIBLIOGRAFÍA.

1. VANEZYS P. Penetrating injuries. In: Pathology of neck injury. London. Butterworth & Co publishers. 1989; p 29-43.
2. FISHER H, KIRKPATRICK C.J. Gunshot wounds. In: Fisher H, Kirkpatrick C.J. A colour atlas of trauma pathology. London: Wolfe Publishing Ltd; 1991; p16-30.
3. LEW E, DOLINAK D, MATSHES E. Firearm injuries. In: Dolinak D, Matshes E, Lew E, editor. Forensic Pathology Principles and Practice. London: Elsevier; 2005; p 163-200.
4. KARGER, B. Forensic Ballistics. In: Michael Tsokos. Forensic Pathology Reviews. Vol 5. Berlin. Humana Press; 2008; p 139-172.

5. SÁNCHEZ DE LEÓN ROBLES MS, SUAREZ MIER MP, CHAVES PORTELA S, LÓPEZ GARCÍA P. Histopatología Forense: Datar o no datar. Consideraciones prácticas sobre la datación en Histopatología forense. Boletín galego de medicina legal e forense. 2017; 23: 81-94.
6. Penetrating trauma. Close-range firearm wounds. In: Shukrum MJ, Ramsay DA. Forensic Pathology of trauma. Common problems for the pathologist. Totowa, New Jersey. Humana Press; 2007. P 295-356.
7. SAUKKO P, KNIGHT B. Gunshot and explosion deaths. In: Saukko P, Knight B editor. Knight's Forensic Pathology. 4<sup>o</sup> ed. London: CRC, 2015; p 241-275.
8. HAUSMMAN R. Timing of cortical contusions in human brain injury. Morphological parameters for a forensic wound-age estimation. In: Forensic Pathology Reviews. Ed. M. Tsokos. Human Press, 2004. Cap 3: p. 53-75.
9. OEHMICHEN M, WALTER T, MEISSNER C, FRIEDRICH HJ. Time course of cortical hemorrhages after closed traumatic brain injury: statistical analysis of posttraumatic histomorphological alterations. J Neurotraum. 2003;20: 87-103.
10. TAKATSU A, KAMIYA M, ISHIYAMA I. The significance of contraction bands in cardiac trauma. Jpn J Legal Med. 1981; 35(3):180-190.
11. Lobo FVO, Heggveit HA. Cardiovascular trauma. In: Silver, Gotlieb, Schoen editor. Cardiovascular pathology. Philadelphia. Churchill Livingstone. 2001. Chapter 18: p 562-582.
12. KONDO T, ISHIDA Y. Molecular pathology of wound healing. Forensic Sci Int. 2010; 203, 93-98.
13. CECCIR. Estimating wound edge: looking into the future. Int J Legal Med. 2010; 124 (6):523-536.
14. VANEZIS P. Interpreting bruises at necropsy. J Clin Pathol. 2001; 54: 348-355.
15. SAUKKO P, KNIGHT B. The pathology of wounds. In: Saukko P, Knight B editor. Knight's Forensic Pathology. 4<sup>o</sup> ed. London: CRC, 2015; p 133-166.
16. OEHMICHEN M. Vitality and time course of wounds. Forensic Sci Int. 2004; 144: 221-231.

**8**

**A**

**Técnicas de  
análisis  
criminalístico  
de las armas  
de fuego. Pruebas  
experimentales.**

# Técnicas de análisis criminalístico de las armas de fuego. Pruebas experimentales.

PEDRO SOLÍS CASADOMÉ<sup>1</sup>

## 1. EFECTOS DE LAS MUNICIONES Y LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES QUE SE DESARROLLAN EN EL SERVICIO DE CRIMINALÍSTICA DE LA GUARDIA CIVIL.

Dentro de la casuística con la que se trabaja en el Laboratorio de Criminalística de la Guardia Civil, en relación de los efectos que producen los proyectiles disparados por armas de fuego, es obligado hacer una clasificación teniendo en cuenta el proyectil y el blanco o superficie de impacto. Para ello debemos diferenciar los efectos que producen los proyectiles en chapa, pared, madera, cristales y, cómo no, el cuerpo humano o en el de un animal, ya que a pesar de tratarse del mismo calibre y tipo de proyectil, los efectos varían si se trata de una superficie u otra.

En este Laboratorio, cuando se observa algún tipo de efecto sobre las superficies donde han impactado que no se ajusta a lo normal o que puede llevar a una conclusión o dictamen erróneo, se realizan pruebas con las mismas armas y municiones (marca, calibre, carga de pólvora, tipo de proyectil, etc.), y se intenta reproducir y buscar una explicación a dicho efecto.

A continuación, vamos a ver distintos casos con los que hemos trabajado en el Laboratorio de Criminalística de Guardia Civil, las pruebas experimentales que se han realizado al respecto y las conclusiones a las que se han llegado [1].

### A) CHAPA.

#### 1. Velocidad del proyectil.

En las reconstrucciones de trayectorias han aparecido impactos en la chapa de un vehículo, que a pesar de que su morfología nos indujera a pensar que la dirección del disparo fuese más lógico, es decir que el impacto fuese en el *orificio de entrada* con la rebaba del metal hacia dentro y, por lo tanto, que el *orificio de salida*, tuviera la rebaba de metal hacia fuera, no era verdad.

El hecho de confundirse en la determinación correcta un orificio de entrada o uno de salida, nos variaría la posición del tirador, es decir, le posicionaríamos dentro o fuera del vehículo de forma incorrecta.

Hay casos en los que hemos visto que orificios que tenían la rebaba hacia fuera, dieron positivo con residuos de disparo, lo que nos determinaba que estábamos hablando de un claro *orificio de entrada* de un proyectil.

¿Cuándo ocurre este efecto?, pues cuando la chapa es dura (por ejemplo, la separación de las puertas) y el disparo se efectúa con un cartucho cuyo proyectil alcanza una velocidad superior a 700 metros por segundo en boca de fuego, es decir, los conocidos como de alta velocidad. Disparos efectuados con rifles y fusiles de asalto, entre otros.

1. Sargento del Departamento de Balística y Trazas Instrumentales del Servicio de Criminalística de la Guardia Civil. Madrid.

En las imágenes siguientes se pueden ver los efectos que produce un proyectil del calibre 9 mm. Parabellum, disparado en la puerta de un vehículo, cuya velocidad en boca de fuego alcanza los 350 metros por segundo, y por otro lado, se pueden ver los efectos que hace un proyectil que alcanza los 900 metros por segundo en boca de fuego, que impacta en la separación de ambas puertas del mismo vehículo, cuya chapa es más dura que la de la puerta.

Aunque, a simple vista y sin más pruebas pudiéramos determinar que uno de los orificios es de entrada y el otro de salida, vemos que en realidad ambos son de entrada, por lo tanto, el tirador de ambos se encuentra fuera del vehículo en el momento de efectuar ambos disparos.

En la imagen número 1 se puede ver un disparo en la chapa con un proyectil de alta velocidad.



Imagen 1. Disparo de chapa alta velocidad.

## 2. Dirección del proyectil.

Hay veces que simplemente con la visualización del orificio de entrada somos capaces de determinar la dirección desde donde se ha efectuado el disparo. Para ello debemos diferenciar dos tipos de impactos, unos, en que el proyectil atraviesa por completo la chapa, y otros, en que el proyectil roza e incluso rompe la chapa, pero sin llegar a atravesarla.

En el primero de los casos dependiendo del desconchón o pérdida de la pintura, en el caso de que la tenga la chapa, se puede determinar si el disparo se ha hecho desde la derecha o desde la izquierda, o incluso si ha sido perpendicular.

En la imagen número 2 se puede ver un disparo perpendicular en la chapa con un proyectil que no es de alta velocidad.



Imagen 2. Disparo perpendicular en chapa con proyectil que no es de alta velocidad.

Por otro lado, como he dicho anteriormente hay veces que el proyectil rompe la chapa, pero no llega a penetrar en habitáculo del proyectil, aunque a simple vista lo parezca. Este efecto se conoce con el nombre de *abrelatas*, y se produce en disparos que efectuados a menos de 10-15° de deriva. En estos casos, las lesiones que va a producir el proyectil, dejan un *pinch point* o punto de pellizco, donde marca el primer punto de contacto del proyectil con la chapa, y una rotura hacia el lado donde gira el mismo. En lesiones así, se puede determinar la situación aproximada del tirador, y el sentido de giro del ánima del cañón que lo ha disparado, es decir, si las estrías y campos del proyectil giran hacia la derecha o hacia la izquierda.

Cuando se trata de munición semimetálica (perdigones o postas) forman una serie de ondas que nos indican la dirección que llevan las mismas.

En la imagen número 3 se puede ver un disparo en la chapa que ha hecho el efecto *abrelatas*. En dicha imagen se aprecia como el proyectil lleva la dirección de izquierda a derecha.



Imagen 3. Efecto *abrelatas* en la chapa.

## B) VIDRIO.

## 1. Dirección del proyectil.

Hay algunos casos en disparos sobre vidrios (cristales) que permiten determinar su dirección. Tenemos, por ejemplo, un efecto que se produce en las lunas delanteras de los coches (lunas laminadas) cuando los disparos son efectuados a menos de  $5^\circ$  de deriva. Este efecto es similar al mencionado en los perdigones o postas y las ondas que dejan en la chapa, pero en este caso se producen en la superficie de la luna, y nos indica la dirección que llevaba el proyectil, y por lo tanto, la situación aproximada del tirador en el momento de efectuar el disparo.

Por otro lado, tenemos la herida o cono que produce el proyectil al penetrar en la luna, del estudio de dicha herida o lesión se puede determinar la dirección, y como no, la situación aproximada del tirador como en el caso anterior.

## 2. División del proyectil.

Las lunas de un vehículo pueden ser templadas o laminadas. Actualmente, todos los vehículos montan en su parte delantera una luna laminada, y en el resto de lunas las montan templadas. Dependiendo de unos u otros se pueden producir unos efectos diferentes de los proyectiles.

Tenemos por ejemplo, un efecto que producen siempre con los proyectiles semiblindados que se disparan con poca angulación en las lunas laminadas, consistente en que cuando penetran, crean un solo orificio, pero al rozar con dicha luna se separan la camisa del núcleo, y continúan su trayectoria como si fueran dos proyectiles. En la imagen siguiente vemos este efecto con mayor claridad.

En la imagen número 4 se puede ver el impacto final de un disparo que ha atravesado una luna y se han separado por un lado la camisa y por otro el núcleo del proyectil.



Imagen 4. Impacto final de un proyectil que atravesó una luna y se produjo la separación de su camisa y de núcleo.

También se ha reproducido este efecto con proyectiles blindados, pero es cierto que no ocurre siempre como en el caso de los semiblindados.

Igualmente, en pruebas hechas en el Laboratorio del Servicio de Criminalística de la Guardia Civil al disparar contra cristales templados se ha conseguido este mismo efecto pero en un tanto por ciento inferior.

¿Qué podemos encontrar en casos de este tipo?, pues que tenemos un orificio de entrada en el cristal, en cambio la víctima tiene dos orificios en su cuerpo, y no se trata de dos proyectiles diferentes, sino del mismo que se ha separado.

### 3. Secuencia de los disparos.

Por otro lado, en los vidrios templados (luna delantera), cuando se producen varios disparos muy cercanos entre sí, forman unas lesiones, radiales y concéntricas, alrededor del orificio de entrada, que permiten determinar el orden en el que se han efectuado cada uno de ellos, ya que las señales alargadas (radiales) que se producen en el segundo se cortan y dejan de continuar al tocar con las señales que se produjeron en el primer disparo.

## C) MADERA O SUPERFICIES MÁS DURAS:

### 1. División del proyectil.

Igual que en el caso de los vidrios, si se efectúan disparos con cierta angulación sobre madera, los proyectiles semiblindados pueden llegar a impactar produciendo un único impacto de entrada o herida, separándose posteriormente la camisa y el núcleo del proyectil, continuando su trayectoria como si se tratara de dos proyectiles diferentes.

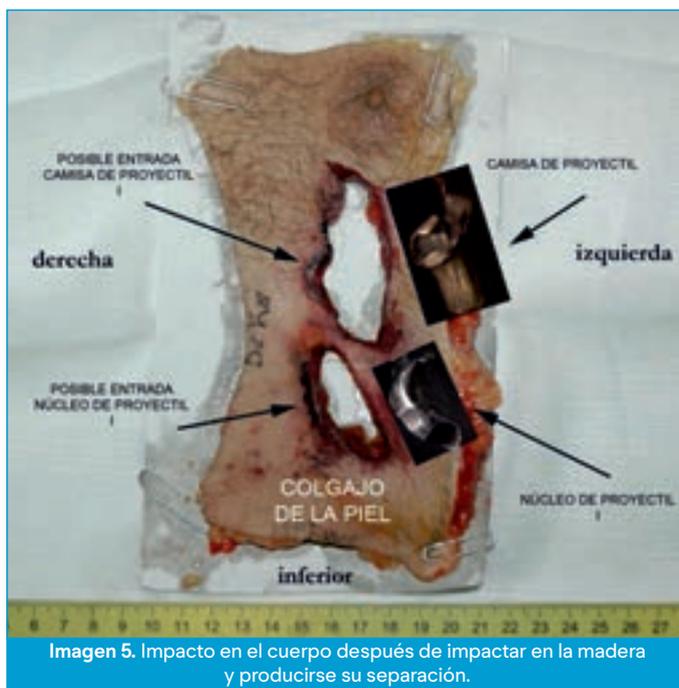


Imagen 5. Impacto en el cuerpo después de impactar en la madera y producirse su separación.



Imagen 6. Gelatina balística y huesos.

En cuanto a los simulantes de huesos, piel y jabón, se compran a empresas que los venden ya testados y calibrados, y que, por lo tanto, certifican que tienen las mismas propiedades que los elementos a simular o imitar. Hay que decir que estos tipos de materiales suelen ser caros, como ejemplo de ello, tenemos los bloques de jabón balístico de 25x25x40 que valen entorno a unos 400 euros y en algunos casos sirven para una prueba nada más.

Estos materiales tienen perduración en el tiempo, es decir, permiten hacer pruebas con ellos hasta seis meses después de su adquisición. En cambio, la gelatina balística, una vez elaborada debe ser consumida en pruebas pocos días después, ya que se degrada rápidamente, no sirviendo pasado veinte días de su fabricación y debe mantenerse a 4°C. Por ese motivo, es obligatorio para el Laboratorio que quiere emplear este elemento, elaborarlo por sus propios medios.

En el Laboratorio de Balística de Guardia Civil tenemos los elementos necesarios para su elaboración, entre los que están la gelatina en polvo, olla de grandes dimensiones, una batidora para removerla, moldes y nevera para enfriarla y mantenerla hasta ser empleada.

Durante el proceso de elaboración de la gelatina si se desea reproducir algún disparo sobre hueso, éste será introducido en la gelatina antes de pasarlo a la nevera para su enfriamiento, una vez seleccionada la forma del hueso donde se desea reproducir el disparo (según la parte del cuerpo afectada).

Cuando se vayan a hacer los disparos contra esa gelatina y ese hueso, hay que tener en cuenta que los mismos deberán ser grabados con una cámara de alta velocidad, ya que, si queremos ver la cavidad temporal y permanente y la penetración del proyectil, no tendremos opciones de estudiarlas con total fiabilidad después de producidos los mismos, ya que la cavidad temporal desaparece volviendo la gelatina afectada a su estado inicial, salvo el material desplazado.

En la imagen siguiente se puede ver un caso que tuvimos en el Laboratorio en el cual el proyectil impactó contra una árbol o rama y produjo la separación de la camisa y del núcleo, entrando en el cuerpo de la víctima como si fueran dos proyectiles, continuando sus trayectorias prácticamente paralelas en el interior del cuerpo humano.

En la imagen número 5 se pueden ver los efectos de un disparo que rebotó previamente en un árbol y después penetró en el cuerpo de la víctima.

En una primera valoración médica se decía que se trataba de dos impactos de proyectil, y cuando se realizó la autopsia se extrajeron dos elementos dubitados, una camisa metálica de proyectil y un núcleo de plomo, los cuales una vez estudiados en el Departamento de Balística pudimos determinar que se trataba de un mismo proyectil.

Otro efecto que se produce en disparos que se efectúan en este tipo de superficies, es que los proyectiles al rebotar salen en la dirección hacia la que giran las estrías y campos del ánima del arma, es decir, un proyectil disparado en un cañón con estrías y campos que giran hacia la derecha saldrá rebotado hacia ese lado.

#### D) CUERPO HUMANO.

En los últimos años se han solicitado tanto por parte de las Unidades de Guardia Civil como por Autoridades Judiciales, estudios relacionados con los efectos que producen ciertas municiones en el cuerpo humano.

Estos estudios estaban poco desarrollados, ya que no había disposición de material ni preparación en los Laboratorios de Balística para dar contestación a los mismos con la exactitud que se hace en estos días.

El primer estudio que se hizo en nuestro Laboratorio por la década de los 90 fue la reproducción de un disparo con munición del 7,62 x 51 mm, disparada con un fusil de asalto marca CETME [2,3]. Para ello, se empleó una pata de cerdo, cuyo cuerpo es de los más parecidos al humano dentro del mundo animal, y se efectuó el disparo apuntando hacia su hueso. Posteriormente, se sacaron radiografías la cuales se aportaron mediante imágenes a nuestro Informe como medio de prueba.

Se han hecho pruebas por parte de otros Laboratorios de Balística a nivel internacional con otros animales, incluso estando estos vivos. Estos métodos aparte de ser poco científicos, por no tener la posibilidad de reproductibilidad, son digamos bastante macabros y estaban mal visto por la sociedad.

Todos estos métodos han desaparecido prácticamente hoy en día, y los estudios que se desarrollan sobre los efectos en el cuerpo humano, se hacen con simulantes. Para ello, tenemos simulantes de huesos (tubulares, planos y cráneo), de piel y de tejido interno del cuerpo humano o animal (gelatina y jabón balísticos).

En la imagen número 6 se puede ver gelatina balística con dos huesos en su interior, elaborada en el Departamento de Balística de Guardia Civil.

Uno de los mayores referentes en Europa en el estudio de efectos en el cuerpo humano con simulantes es el profesor de la Universidad de Berna (Suiza), D. B.P. Kneubuehl [4]. De hecho personal de este Departamento ha asistido al curso en Suiza impartido por él, sobre efectos en el cuerpo humano, y posteriormente, se le contrató por parte de Guardia Civil para impartirlo en nuestro país.

La gelatina una vez elaborada deber ser testada, para comprobar si cumple los requisitos necesarios. Para ello utilizaremos una tabla elaborada por D. Jorma Jussila [5, 6, 7, 8] profesor de la Universidad de Helsinki (Finlandia). Los disparos se deben efectuar con una carabina de aire comprimido, con un proyectil esférico de hierro con 4,4 mm de diámetro y 0,35 g de peso, a una velocidad entre 100 y 200 m/s, y las penetraciones obtenidas tienen que ser coincidentes con los parámetros de la tabla.

Por otro lado, respecto a los efectos causados por un proyectil en cuerpo humano o animal, van a depender de las siguientes circunstancias: arma y munición empleada, distancia y ángulo de disparo, si hay algún medio que se interpone entre el proyectil y el cuerpo (ropas, vidrios, etc), condiciones ambientales y, por último, la naturaleza del cuerpo que ha sido impactado.

Dependiendo para el fin que se fabrican las distintas municiones y sus proyectiles, va a variar su comportamiento, por lo que, no se va a comportar de la misma forma una munición que se fabricó para un cuerpo policial y/o militar, que una para practicar el deporte cinegético, en caza mayor o caza menor.

Existen casos en los que personas que han estado bajo efectos de drogas o alcohol han recibido varios disparos y aun tienen capacidad de seguir actuando, e incluso no son conscientes de las lesiones recibidas [9,10]. También hemos tenido casos que incluso en un estado de estrés, como fue el de un militar durante unas maniobras. Éste recibió un disparo y siguió con el ejercicio de tiro hasta que el compañero de al lado le dijo que estaba sangrando.

Los estudios y pruebas experimentales que se nos solicitan son muy variados, y normalmente piden la penetración de un proyectil y los efectos que producen en el cuerpo tanto, en disparos directos o indirectos, productos de algún rebote. Estos estudios están íntimamente ligados en muchas ocasiones con estudios de Balística Operativa o de Exterior, es decir, con la reconstrucción de la trayectoria del disparo, y con la distancia y posición de la víctima y del autor del disparo.

Respecto al poder lesivo de un proyectil va a variar en los siguientes aspectos: estado físico y psicológico de la víctima, la zona de impacto, la trayectoria seguida dentro del cuerpo y el potencial lesivo de la munición.

En el Departamento de Balística del Servicio de Criminalística de la Guardia Civil, centramos nuestros estudios en el poder lesivo de los proyectiles. Para ello tenemos en cuenta las heridas internas, la distancia de disparo (caracteres de proximidad), la zona de impacto y la trayectoria interna que ha seguido el proyectil.

De estas pruebas o estudios vamos a determinar la penetración del proyectil, su cavidad temporal y su cavidad permanente.

La penetración, viene determinada por la mayor o menor capacidad de un proyectil de avanzar dentro del cuerpo o del material contra el que se va a disparar.

La cavidad temporal, viene dada por la transferencia de la energía cinética, ya que el proyectil al penetrar en el cuerpo va a producir la expansión del tejido.

La cavidad permanente, es el canal que produce el proyectil mediante la destrucción de los tejidos que toca a su paso. Su diámetro es similar al del proyectil, y como propiamente dice su nombre perdura en el cuerpo una vez que se ha producido el disparo.

Hay proyectiles que durante su vuelo sufren una serie de movimientos que no son perceptibles al ojo humano evidentemente. Entre ellos tenemos:

- Yawing, en el cual el proyectil gira sobre su centro de gravedad.
- Precesión, cuando el eje del proyectil hace un movimiento de rotación alrededor de la dirección de su vuelo.
- Nutación, cuando hay perturbaciones que afectan al centro de gravedad del proyectil, causados por gases procedentes del disparo o por el contacto con un elemento. Este movimiento se superpone con el de precesión y se corrige según va avanzando el proyectil.

Que se conoce como *poder de parada* o *stopping power* de un proyectil. Es la capacidad de un proyectil de transmitir su máxima energía dentro del cuerpo impacto causando un shock en él, con el fin de producir su muerte o incapacidad de movimiento, y viene condicionado entre otras circunstancias en las dimensiones del proyectil, del tipo y de su velocidad. Como ejemplo de esto, tenemos que animales grandes que reciben disparo con munición de escaso diámetro y velocidad apenas siente éste y continúan su recorrido. En cambio, tenemos el caso contrario, de proyectiles de gran velocidad y tamaño que se disparan contra animales pequeños, y estos atraviesan su cuerpo, pero no llegan a producir su muerte o incapacidad sino llega a afectar a órganos vitales.

A continuación, veremos algunas de las pruebas experimentales que hemos realizados en nuestro Laboratorio y los resultados que hemos obtenido. Para una mejor comprensión los dividiremos por el tipo de munición:

## 1. Proyectil único.

### a. Proyectiles blindados.

En este caso tenemos los proyectiles blindados o FMJ (Full Metal Jacket), los cuales son “*perforantes*”, es decir, producen poca transferencia de energía, y por lo tanto, causan pocos daños, y en cambio tienen mucha capacidad de penetración.

Este tipo de munición es utilizada en nuestro país en la Guardia Civil y en el Ejército.

La velocidad, la dimensión, el diseño y la composición del proyectil van a influenciar en los disparos que se efectúen con él, evidentemente. Por ello tenemos, que un proyectil blindado tiende a atravesar el cuerpo donde ha impactado, como ejemplo de ello, tenemos que disparos efectuados con proyectiles del calibre 9 mm Parabellum, dependiendo de la zona de impacto, tienden a salir hacia el exterior del cuerpo atravesándolo por completo.

Se ha podido determinar que estos proyectiles (calibre 9 mm Parabellum), pueden penetrar y causar daños a terceros por su excesiva penetración. También tienden a rebotar en disparos efectuados contra el suelo o una superficie dura. Este efecto se produce con mayor probabilidad que los proyectiles semiblindados.

Hay otros casos en los que, disparos efectuados con proyectiles del calibre 5,56 x 45 mm (alta velocidad), estos tienden a voltearse, fragmentándose casi por completo, y no atravesando por completo el cuerpo, por lo que durante la autopsia se pueden encontrar en su interior. Este efecto se ha reproducido en varias ocasiones en proyectiles blindados tipo SS-109, de dotación actual en el Ejército y cuerpos policiales en España.

En algunas ocasiones, se han hecho pruebas contra jabón o gelatina balística, interponiendo un chaleco antibalas. En estas pruebas, hemos podido comprobar que los proyectiles que no son de alta velocidad impactan en el chaleco y penetran escasamente dos o tres capas de

kevlar de su interior, sin llegar a entrar en el simulante de tejido humano. En cambio, un disparo con un proyectil del alta velocidad atraviesa todas las capas kevlar del chaleco, y penetra en el simulante de tejido humano.

En el caso de los chalecos disponen de una placa cerámica en la zona próxima al corazón (tanto en la parte de adelante como la de atrás), que, para el recorrido del proyectil de alta velocidad, desintegrandolo e impidiendo que penetre el simulante.

#### b. Proyectiles semiblandados.

Debido a los problemas con la munición (FMJ), que empleamos en Guardia Civil y que puede producir daños a terceros que no son deseados, se han hecho pruebas con municiones del calibre 9 mm Parabellum.

Se han probado distintos tipos proyectiles de expansión controlada, diseñados para parar un objetivo, dejando su mayor energía cinética al tomar contacto con él. Es evidente que su potencial lesivo es mayor que el objetivo que se pretende parar. Entre estos proyectiles estuvieron los conocidos como: Golden Saber, Gold Dot, Ruag SeCa SxF, MEN QD-2 y MEN QP-DEP. De estas pruebas hemos podido determinar que uno de los más idóneos puede ser el Ruag SeCa SxF, porque cede la mayor parte de su energía cinética nada más entrar en el cuerpo, y no llega a atravesar el cuerpo, evitando daños a terceros.

En cuanto a la munición semiblandada de alta velocidad, diseñada para caza mayor, sus proyectiles ceden una gran cantidad de su energía cinética, con lo que produce una mayor cavidad temporal que un proyectil blindado de su misma velocidad, y por lo tanto, causan una mayor lesividad en el cuerpo.

Las cavidades temporales pueden aumentar su tamaño porque el proyectil encuentra una resistencia mayor, produciendo su desestabilización y ofreciendo una mayor sección transversal.

Por eso decíamos que se debe adecuar el tipo de munición al tamaño del objetivo que se desea batir. Ya que por exceso o por defecto, si no se utiliza la munición adecuada puede que no se consiga el fin que se desea.

## 2. **Proyectil múltiple.**

Con proyectil múltiple varían los efectos o lesiones en cuerpo humano dependiendo de la velocidad y tamaño de los proyectiles, y de la distancia a que se han efectuado los disparos.

Un disparo efectuado con postas produce unas lesiones en el cuerpo mucho más mortíferas que un disparo hecho con perdigones de pequeño tamaño efectuados con la misma escopeta, el mismo cañón y la misma distancia. A pesar de que la zona que afecte sea mucho mayor en el caso de los perdigones, su penetración es inferior a las de las postas.

En disparos a muy corta distancia, esta munición actúa como los proyectiles de alta velocidad produciendo una gran cavidad temporal. A medida que nos alejamos del objetivo los perdigones va a expandirse más y a penetrar menos en el cuerpo humano.

Cuando se nos solicita la distancia a la que se ha efectuado un disparo, se hacen pruebas experimentales con la misma arma, mismo choke y mismos cartuchos. Una vez estudiadas las lesiones en la víctima, y determinada la dispersión de los proyectiles, haremos pruebas a diferentes distancias hasta conseguir esa misma dispersión.

Fijada la distancia a la que se efectuó el disparo, y en los hechos en los que se nos solicita la lesividad de la munición, hacemos pruebas experimentales pertinentes, utilizando jabón balístico e interponiendo entre éste y la boca de fuego del arma, las ropas que portaba la víctima u otras similares.

De esta forma se harán los disparos que se estimen pertinentes y se medirán las penetraciones o perforaciones en el jabón, para que la autoridad judicial tenga una prueba visual y científica de los daños o lesiones que se han producido en el cuerpo a víctima, todo ello reflejado mediante imágenes en el jabón empleado.

### 3. Munición detonadora.

En cuando a las lesiones que se pueden producir con la munición detonadora, cuando se solicitan por parte de la Autoridad Judicial, se emplean los mismos medios y técnicas.

Los estudios con este tipo de munición se distinguen: armas detonadoras sin manipular ni transformar, y armas detonadoras que sí han sufrido algún tipo de transformación.

En primer lugar, en disparos efectuados con pistolas detonadoras sin transformar, o sea con su deflector o tabique, a cortas distancias, además de las consabidas quemaduras en la piel, que puede producir la pólvora quemada que es proyectada al exterior, se han hecho disparos a cañón tocante utilizando simulante de piel y tejido. De estas pruebas, se ha podido determinar que en disparos a contacto, los gases tienen una penetración de la piel y en el tejido humano de varios centímetros.

Si ponemos cualquier objeto en su boca de fuego y disparamos en las mismas circunstancias, de estas pruebas hemos podido constatar, que esos objetos salen proyectados hacia el exterior y tienen una mayor penetración en el cuerpo humano que los disparos descritos anteriormente; por lo tanto, el poder lesivo es mayor.

Respecto a las armas y municiones transformadas y manipuladas, se realizan individualmente en cada caso las pruebas experimentales solicitadas.

Tenemos que dependiendo de la carga de pólvora que se introduzca en el cartucho manipulado, y del tipo de proyectil acoplado (proyectil de plomo artesanal o bola/s de rodamientos de unos 6 mm) se van a producir diferentes heridas y efectos, sirva como ejemplo que un disparo efectuado a escasa distancia del cuerpo puede tener entre 10 y 15 cm de penetración.

## 2. BIBLIOGRAFÍA.

1. Reconstrucción de Trayectorias de Disparo, Guía de Procedimiento Técnico número SECRIM-27, del Servicio de Criminalística, Madrid, 2011
2. A. MOLINA, La cartuchería de las armas ligeras, Ministerio de Defensa, Madrid, 2011
3. Asociación Española de Coleccionistas de Cartuchería, Municion.org. <http://www.municion.org/fmj.htm>
4. B.P. KNEUBUEHL, R.M. COUPLAND, M.A. ROTHCHILD, M.J. Thali, Wound Ballistics. Basics and applications, Springer, Berlín. 2010
5. J. Jussila, P. Normia, International law and law enforcement firearms, en: Medicine, Conflict and Survival. 2004
6. J. JUSSILA, Wound Ballistic Simulation, assessment of the legitimacy of law enforcement firearms ammunition by means of wound ballistic simulation, Academic dissertation, University of Helsinki. 2005

7. J. JUSSILA, Preparing Ballistic Gelatin – review and proposal for a standard method, Forensic Science International 141. 2004
8. J. JUSSILA, B.T. KJELLSTROM, A. Leppanienmi, Ballistic variables and tissue devitalisation in penetrating injury establishing relationship through metal-analysis of a number of pig tests, 2005
9. C. REMBERG, 145 cartuchos de servicio, Tactical Online 25, 2013
10. El Cannibal de Miami actuó bajo los efectos de una nueva droga, EL MUNDO. 2012.



**8**

**B**

**Técnicas de  
análisis  
criminalístico  
de las armas  
de fuego.**

# Técnicas de análisis criminalístico de las armas de fuego.

LUIS MIGUEL GÓMEZ LÓPEZ<sup>1</sup>

## 1. BALÍSTICA IDENTIFICATIVA.

La balística identificativa es la rama de la balística forense que tiene por objeto el estudio de las relaciones de identidad existentes entre las microlesiones originadas sobre las vainas y balas -durante la producción del disparo- y las partes o piezas del arma con las que dichas partes del cartucho entran en contacto. Citando a Barberá, “el principio que fundamenta la balística identificativa y comparativa es que todas las armas imprimen carácter a los elementos del cartucho”[1].

Su fundamento se basa en el principio, universalmente admitido, de que todo “ente” (natural o artificial) en sus más ínfimos detalles es irrepetible, por lo que un sujeto u objeto sólo es idéntico a sí mismo; en el ámbito que nos ocupa, cada estría es distinta y cada percusión diferente.

Así, y llevando el aforismo hasta sus últimas consecuencias, nunca se evidenciará una perfecta, completa y absoluta correspondencia entre las lesiones impresas en dos balas, aunque procedan de disparos consecutivos efectuados con una misma arma. Sin embargo, la repetición de algunas de ellas, por su particular morfología y ubicación, solamente es posible cuando concorra un arma concreta, aun comparándola con otras armas de las mismas características.

Dicha demostración se llevó a cabo por primera vez en el Congreso de Medicina Legal celebrado en París, en 1912, de la mano del eminente especialista Victor Balthazar[2] quien, mediante la presentación de su prestigiosa “memoria” demostró que, incluso comparando las microlesiones producidas por armas fabricadas en serie, sus respectivas características diferían notablemente.

Por esta razón, los criterios identificativos en el campo de la comparación balística contemplan el establecimiento de la relación de identidad cuando los elementos dubitado e indubitado, sujetos a estudio, presenten entre sí un conjunto de semejanzas superior al de diferencias, toda vez que compartan identidad morfológica, prevaleciendo siempre la calidad sobre la cantidad.

Durante el examen de los elementos balísticos en el laboratorio, vainas y balas principalmente, se emplean medios ópticos y sistemas de lectura, archivo y consulta informatizados (IBIS-BRASS/TRAX-BULLET/TRAX). Entre los medios ópticos de captación de imagen figuran los microscopios criminalísticos, de discusión y de comparación. Generalmente, los primeros se utilizan para la localización y valoración de las “marcas de clase”, y los segundos para la identificación, mediante la correspondencia de las características individualizadoras, singulares en cada arma. Asimismo, resultan de gran utilidad otros medios de aumento como los medidores de perfiles y los microscopios quirúrgicos, en lo referente a mediciones de ciertas trazas en algunos elementos balísticos y la distribución de restos de disparo sobre la superficie impactada.

1. Profesor de Criminalística en la ENP- Ávila.

Salvando las distancias, dicho proceso viene a tener su parangón en otras prácticas o ensayos analíticos que contemplan, en primer lugar, los estudios o pruebas orientativas para, posteriormente, llevar a cabo las pruebas de certeza o confirmación.

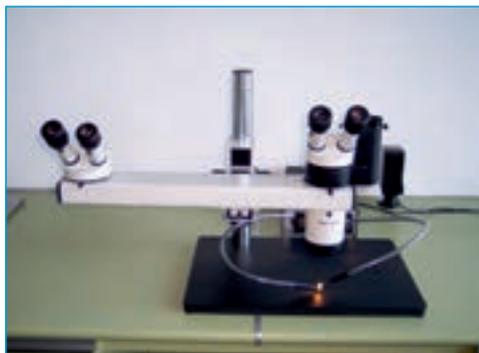


Foto 1. Microscopio criminalístico de discusión (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).



Foto 2. Microscopio criminalístico de comparación (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).

## 2. PARTES O PIEZAS DEL ARMA PRODUCTORAS DE LESIONES.

Durante el disparo se producen en el interior del arma diversos procesos que ponen en contacto sus mecanismos con las distintas partes de los cartuchos. Algunos de ellos tienen que ver con la proyección de la bala al espacio y otros con la expulsión de la vaina, o bien con la alimentación. Se denomina alimentación al proceso por el que se lleva a cabo, en ocasiones de forma automática, la recarga del arma con un cartucho para efectuar el disparo o una secuencia ininterrumpida de disparos.

Las diferentes piezas o mecanismos fundamentales de las armas que estampan su impronta transfieren tanto macrolesiones, a las que se denomina “marcas de clase”, que son las propias de las armas que comparten las mismas características -el tipo o clase, la marca y el modelo- así como microlesiones, que son las que realmente singularizan el arma.

Las principales lesiones con valor identificativo que podemos localizar en la vaina (casquillo), así como en la cápsula iniciadora (pistón) son, a saber, el cráter de percusión, producido por la aguja percutora, la lesión de expulsión, generada por el botador (expulsor), la lesión de extracción que produce la uña extractora y las lesiones que el culote de la vaina recibe tras su impacto contra el plano o culata de cierre, que es la región posterior interna de la corredera, opuesta a la recámara[3].

En ocasiones, otras zonas del arma también contactan con el cartucho, pudiendo generar marcas con valor identificativo, por ejemplo, las paredes de la recámara, los bordes de la ventana de expulsión, el indicador de cartucho en recámara e, incluso, los labios del cargador[4], si bien todas estas de menor rango identificativo que las contempladas en el párrafo anterior.

Por lo que respecta a las balas, dependiendo del tipo de arma y de la clase de proyectil, podemos localizar lesiones con valor identificativo producidas por la rampa de acceso y deslizamiento a la recámara, por las estrías y campos del ánima del cañón, en armas de cañón rayado, así como de la forma y los bordes del polígono, en armas de cañón poligonal.

En cuanto a las armas de cañón liso, generalmente escopetas, y siempre que el cartucho mecanizado esté armado con bala y no con proyectil múltiple, podemos valorar la capacidad identificativa de las características o peculiaridades del cañón transferidas por las herramientas empleadas durante su fabricación, así como los desgastes debidos al uso continuado.



Foto 3. Mecanismos: aguja, uña, ventana y culata de cierre (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).



Foto 4. Mecanismos: botador y cañón (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).

### 3. CARACTERÍSTICAS DE CLASE.

Las características de clase[5] son las particularidades propias o definitorias de todas las armas de la misma marca y que pertenezcan al mismo modelo. Generalmente son macroscópicas. Entre ellas figuran el tipo de percusión (central, anular...), la forma de la aguja percutora (circular, oval...), la forma del tope del expulsor (triangular, trapezoidal...), las diversas formas de uña extractora, la separación angular entre las dos piezas anteriores (tope y uña), así como las características de la culata de cierre (fresada, torneada...), todas ellas transferibles a la vaina del cartucho.

Con respecto a la bala, el número, orientación, inclinación y anchura de las rayas presentes en el ánima del cañón o, en su caso, la forma y grado de torsión de los bordes del polígono, en las armas provistas de cañón poligonal, delimitan bastante el cartel de posibles armas intervinientes[6].

Durante los últimos años, los expertos en identificación balística, principalmente del entorno de los EEUU, han detectado un tipo de lesión para el que han acuñado un nuevo término: “marcas de subclase”. Con él se refieren a las trazas o señales que, resultando atípicas dentro de las marcas de clase propias de un tipo de arma en concreto, singularizan sólo a una remesa de las mismas, afectando únicamente a un número de ejemplares, dentro del conjunto de las que se hayan fabricado en serie.

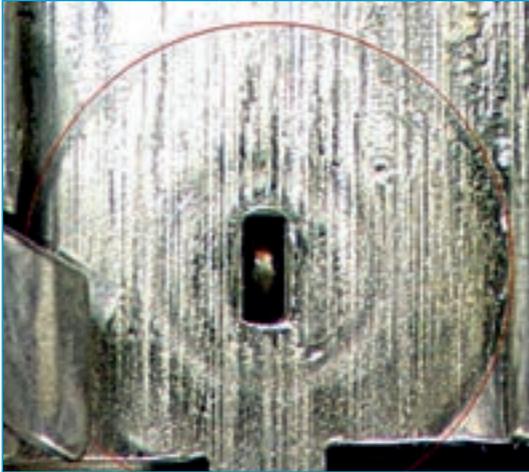


Foto 5. Marca de clase: plano o culata de cierre, fresada, sobre arma. (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP, cortesía CGPC).

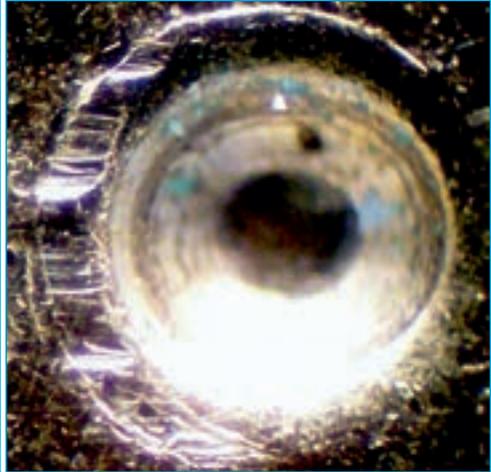


Foto 6. Marca de clase: marcas del plano o culata de cierre fresadas, estampadas sobre vaina. (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).



Foto 7. Marca de clase: plano o culata de cierre torneada, en arma. (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP, cortesía CGPC).

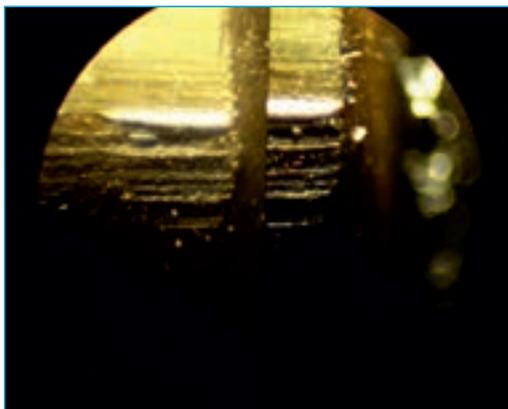


Foto 8. Marca de clase: marcas del plano o culata de cierre torneadas, estampadas sobre vaina. (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).

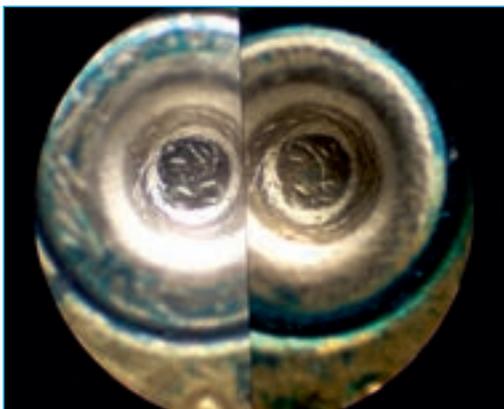
#### 4. CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALIZADORAS.

Denominamos características individualizadoras a las microlesiones que se detectan, al microscopio, sobre los elementos balísticos y que son generadas por los mecanismos de un arma concreta, dentro de todas aquellas que pertenezcan a la misma marca y modelo. Como, por su polimorfismo, son de lo más heterogéneo no cabe hacer una descripción de su infinita variedad, sin embargo, podemos dividir las en dos grandes grupos de estudio.

Por una parte se encuentran las microlesiones que presentan las piezas del arma, propias de su manufactura, generadas por la maquinaria y el utillaje de fábrica, así como las adquiridas por el uso (desgastes) y, por otra, las macrolesiones que resulten “atípicas” dentro de las características de clase que le correspondan a dicha clase de arma[7].



**Foto 9.** Comparación de lesiones sobre estrías de dos balas. (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).



**Foto 10.** Comparación de cráteres de percusión (Departamento de Ciencia y Técnica Policial – ENP).

## 5. PROCESO IDENTIFICATIVO.

### A) VAINAS Y BALAS DUBITADAS.

El proceso de estudio de los elementos localizados en las distintas fases de la investigación contempla, entre otros exámenes, la determinación del número de armas intervinientes, el estudio a través del sistema informatizado IBIS (Sistema Integrado de Identificación Balística) o mediante los nuevos sistemas BRASS-TRAX[8] y BULLET-TRAX que, entre otras funciones, nos proporcionan imágenes 3D para su comparación, mediante un archivo cibernético, generando una tira de fotografías con representación circular que cubre los 360°, tanto de la bala como del culote de la vaina.

Dicho procedimiento automatizado permite, tras la captura y procesado de imágenes sobre los elementos-problema, cotejar sus respectivas microlesiones con aquéllas que figuren en el archivo del sistema, determinando si existe correspondencia entre los elementos recuperados en investigaciones relacionadas con otros asuntos y las piezas objeto de estudio, estableciendo así un nexo común. Para ello, el sistema exige cumplimentar una hoja de datos relativos a la muestra, cuyos campos requieren una exhaustiva descripción de las “marcas de clase” (calibre, forma del percutor...) que se aprecien sobre las mismas.

Seguidamente, tras el encendido y enfoque automáticos, la unidad de adquisición utiliza un par de delimitadores que, con la ayuda de una brújula, permiten ajustar los contornos de las lesiones regulando los posicionamientos horizontal y vertical del elemento de estudio. Los delimitadores son selectores de campo integrados en el programa de rastreo que perfilan el perímetro de la superficie de lectura mediante una pareja de anillos con trazado lineal, en colores azul y rojo.

A continuación, el sistema permite optar entre una iluminación episcópica oblicua, posicionada a las tres, o bien seleccionar una luz anular, procediendo a la lectura del área acotada, cuyo proceso se completa en un intervalo de tres a cuatro minutos.

Tras dicha lectura, se comparan las imágenes obtenidas con una base de datos de alta calidad presente en su archivo, estableciendo la identificación cuando las respectivas

microlesiones, tanto por su morfología como por su ubicación topográfica, permitan su correlación, bien por comparación de destellos y sombras, bien por “casamiento” de líneas y formas.

## B) ARMAS DE FUEGO.

Cuando se interviene un arma de fuego se obtienen con ella elementos “testigo” mediante disparos de prueba, recuperando tanto las vainas como las balas que, a partir de ese momento, tendrán la consideración de elementos indubitados y su registro pasará a formar parte de los archivos del sistema[9].

Para la obtención de elementos testigo se utilizan dispositivos de recuperación que pueden ser de algodón, de láminas de caucho o de agua, de modo que las balas rescatadas no presenten más lesiones que las producidas por el arma.

Posteriormente, se lleva a cabo el estudio comparativo entre las vainas o balas “problema” correspondientes al supuesto de investigación y las colecciones de imágenes integradas en el sistema, referentes a elementos dubitados o indubitados relacionados con hechos anteriores.

## C) IDENTIFICACIÓN BALÍSTICA.

Como se ha descrito anteriormente, la identificación entre los elementos balísticos sometidos a estudio, vainas y balas, se lleva a cabo mediante la comparación fotográfica de las marcas o trazas que las piezas, partes o mecanismos fundamentales de las armas de fuego estampan, durante el disparo, sobre las respectivas superficies de aquéllos. La verificación de semejanzas comienza por el cotejo de sus marcas de clase (macrolesiones) y se resuelve a través de la coincidencia en forma, tamaño y ubicación topográfica entre sus características individualizadoras (microlesiones).

Con todo, sólo podrá establecerse una relación de identidad entre los elementos sujetos a comparación cuando, examinando sus características y peculiaridades, se aprecie identidad morfológica y correspondencia suficiente entre las lesiones presentes en los elementos “testigo” y “problema”, prevaleciendo siempre la calidad, singularidad o rareza de las mismas sobre la cantidad como, con carácter general, se contempla en los múltiples procesos comparativos propios de las diversas disciplinas y técnicas cuyo cometido es la identificación mediante cotejo. La “suficiencia” de tal correspondencia, valorada por el especialista o analista, no sólo tendrá en cuenta la naturaleza, forma, ubicación e interrelación de las microlesiones transferidas sino que, por supuesto, también estimará su cuantificación.

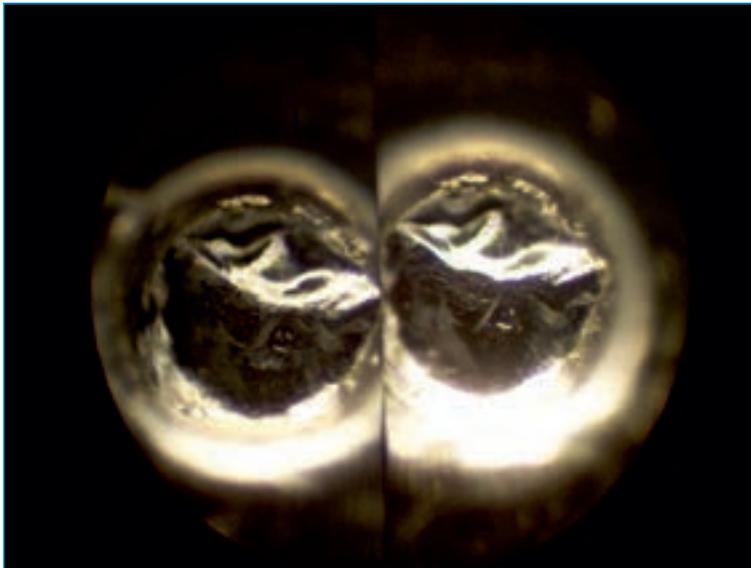
En la práctica, tanto en el ámbito policial español como en los diversos cuerpos policiales de los diferentes países que utilizan similares medios y sistemas para el análisis de elementos balísticos, la operativa cotidiana durante la búsqueda y comparación de las macro y microlesiones es similar. El especialista, combinando los emplazamientos de las muestras, las fuentes de iluminación y otros reglajes para la modificación de los ángulos de observación y lectura, decide si el resultado que arrojan las imágenes y la correspondencia que muestran sus características, tras someterlas a cotejo, permiten apreciar un grado de semejanza suficiente como para pronunciarse afirmativa o negativamente sobre la identificación. Por último, se introducen todas las imágenes de las nuevas muestras en la base de datos del sistema IBIS, alimentando de este modo las colecciones de su archivo.

Otros países, ajenos a nuestro entorno europeo, también utilizan el sistema IBIS. En el caso de los Estados Unidos de América, además, integran en el IBIS su base de datos NIBIN[10], cuyo diseño se debe a la prestigiosa oficina ATF (Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives), habiéndose extendido su manejo, en la actualidad, a 174 agencias gubernamentales[11], con un ranking de 23000 identificaciones, a razón de 4000 por año.

En el ámbito de los servicios centrales de Criminalística, referidos al Cuerpo de Policía Nacional exclusivamente, la estadística de los estudios balísticos identificativos correspondientes al año 2018, revela que el número de informes realizados superó los mil asuntos, habiéndose esclarecido la cuarta parte de los mismos, hasta el primer trimestre del año en curso.

Así, en la mayoría de los casos, y sin que tal pronunciamiento exija la capacidad de observación de un experto, cualquier profano en la materia puede colegir, conforme se aprecia en la imagen que sigue a este párrafo, cómo las microformas presentes en los cráteres de percusión que figuran en la comparación fotográfica perfilan destellos y sombras que, generando formas caprichosas, muestran al observador que entre ambos elementos existe una relación de correspondencia que va más allá de una mera semejanza o parecido, toda vez que los mismos se aprecian al microscopio, con un elevado rango de aumentos.

Dicho sea de paso, como colofón al presente epígrafe y a título de recordatorio para todos los especialistas involucrados, tanto en la recuperación de los elementos de estudio como durante su manipulación, será preciso extremar el cuidado para preservarlos sin merma de las marcas generadas por las características de las piezas del arma que los mecanizó, debiendo recogerse en la escena conforme a los protocolos acreditados para evitar su contaminación, evitando así cualquier manipulación indebida que genere transferencias ulteriores a los hechos, modificación de las mismas o eliminación de las que posea.



**Foto 11.** Identificación de dos cráteres de percusión con lesiones transferidas por desgastes singulares de la aguja percutora.

Asimismo, durante el examen médico-legal del cadáver, en las tareas de localización y extracción de balas u otros cuerpos balísticos alojados en su interior, el médico legista conocedor del presente protocolo velará por su mantenimiento con la misma prevención y esmero. Sobra decir que el médico forense contará, en todo momento, con el apoyo y colaboración decidida, absoluta y sin ambages, del especialista policial en investigación balística[12].

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. BARBERÁ, A.; DE LUIS TURÉGANO, J.V.; Policía Científica (vol II); Tirant Lo Blanch; Valencia 2012
2. BARBERÁ, A.; DE LUIS TURÉGANO, J.V.; Policía Científica (vol II); Tirant Lo Blanch; Valencia 2012
3. THOMPSON, R. M.; "Firearm Identification in the Forensic Science Laboratory"; National District Attorneys Association; Alexandria VA (USA) 2010.
4. THOMPSON, R. M.; "Firearm Identification in the Forensic Science Laboratory"; National District Attorneys Association; Alexandria VA (USA) 2010.
5. NIETO ALONSO, J.; Apuntes de Criminalística (IV edición); Tecnos; Madrid 2014.
6. MUÑOZ GARRIDO, R. et al.; Policía Científica y Medicina Legal; X Cursos de Postgrado en Derecho. Universidad de Salamanca. Salamanca 2003
7. NIETO ALONSO, J.; Apuntes de Criminalística (IV edición); Tecnos; Madrid 2014
8. "Forensic Technology", 5757 Cavendish Blvd. Cote St. Luc Quebec H4W 2W8 Canada; <http://www.forensictechnologyinc.com>
9. NIETO ALONSO, J.; Apuntes de Criminalística (IV edición); Tecnos; Madrid 2014.
10. National Integrated Ballistic Information Network (Red Nacional Integrada de Información Balística).
11. THOMPSON, R.M.; Firearm Identification in the Forensic Science Laboratory; National District Attorneys Association; Alexandria VA (USA) 2010.
12. BALTHAZARD, V.; Manual de Medicina Legal; Barcelona-Buenos Aires; Salvat editores 1947.





**Patología,  
antropología  
y radiología  
forense  
de las heridas  
por arma  
de fuego.**

# Patología, antropología y radiología forense de las heridas por arma de fuego.

FRANCISCO JAVIER DÍAZ-DOMINGO<sup>1</sup>

## 1. PISTOLAS, REVOLVERES Y RIFLES.

En los Estados Unidos la mayor parte de los homicidios son producidos por armas de fuego. El centro de control de enfermedades (CDC) reportó en 2015 que de aproximadamente 17,000 homicidios más de 13,000 fueron producidos por armas de fuego [1]. La mayoría de esos homicidios fueron producidos por pistolas y revólvers [2], de acuerdo a las últimas estadísticas del Buró Federal de Investigaciones (FBI).

Existen muchas similitudes entre las heridas producidas por pistolas y revólvers y hasta cierto punto por las producidas por rifles. Veamos primero orificios de entrada y cavidad temporal creados por diferentes armas de fuego utilizando la arcilla como substrato experimental:



Imágen 1. Pistola Ruger Mark I. Calibre 22.



Imágen 2. Pistola Glock con munición de 9mm.



Imágen 3. Pistola Glock con munición de 45 ACP.

1. Washington, DC. Chief Deputy Medical Examiner.



Imágen 4. Revolver Ruger con munición Magnum 357.



Imágen 5a. Rifle de asalto con munición .223.



Imágen 5b. Rifle Marlin 336 (30-30 Winchester).

Los experimentos en arcilla no equivalen a las heridas producidas en humanos pero de los cinco ejemplos anteriores podemos ver que a menor calibre menor es la cavidad temporal creada. A mayor calibre y poder (Magnum) la cavidad es mayor al igual que el orificio de entrada. Lo que determina el poder una bala es la energía cinética. Esta se define por la siguiente ecuación:  $\frac{1}{2}mv^2$ . Lo que quiere decir que mayor velocidad significa mayor poder de penetración y mayor poder de destrucción como se puede observar en las imágenes 5a y 5b.

## 2. MUNICIÓN.

Consiste en la bala, pólvora y envoltura.



Imágen 6. Bala a la izquierda, pólvora en el centro y envoltura a la derecha.

A) EJEMPLOS DE TIPOS DE BALAS.



Imágen7. De izquierda a derecha: Wadcutter, Spitzer, redondeada y punto hueco.

Lo que le provee estabilidad al proyectil es el estriado que podemos apreciar en la imagen. Este estriado le imprime estabilidad y precisión.



Imágen8. Proyectil con estriaciones.

### 3. ORIFICIOS DE ENTRADA.

Los orificios de entrada se caracterizan por producir una perforación más o menos esférica, siempre y cuando la bala perfora de manera perpendicular. Si el proyectil perfora en un ángulo agudo, entonces antes de perforar la piel produce una estela abrasiva.



Imágen 9. Perforación de una bala con trayectoria perpendicular a la piel (izquierda) y perforación en ángulo agudo (derecha).



Imágen 10. Ejemplos de heridas tangenciales producidas cuando el proyectil es casi paralelo a la piel.

### 4. EVALUACION DE LA DISTANCIA.

#### A) HERIDAS POR CONTACTO (HARD CONTACT).

Se caracterizan porque el cañón o bozal esta en contacto con la piel y al producirse la descarga, la expansión de la piel en el cañón produce una imagen que es un reflejo de las características de ese cañón.



Imágen 11. Son cuatro ejemplos de heridas producidas por contacto directo.

## B) HERIDAS POR CONTACTO MUY CERCANO (NEAR CONTACT).

Se producen cuando el cañón se encuentra a unos pocos milímetros de la piel y la pólvora se acumula de manera densa alrededor del orificio de entrada.



Imágen 12. Ejemplo de una herida a muy corta distancia con densa acumulación de pólvora.

## C) HERIDAS A CORTA DISTANCIA (HASTA 90 CM).

Son producidas cuando el arma se encuentra a corta distancia, generalmente no mas de 90 cm y los fragmentos de polvora se dispersan y crean impactos alrededor del orificio de entrada. Hay que tener en cuenta que para determinar el patron de dispersión y la distancia hay que disparar el arma contra un blanco ya que cada arma es diferente.



Imágen13. Ejemplos de heridas a corta distancia con punteado.

Hay que tener en cuenta tambien la evaluación de la ropa que tiende a filtrar la polvora y sus componentes así como las manos



Imágen 14. Ejemplo de pólvora filtrada en la ropa y en las manos.

Ya que brevemente hemos revisado los diferentes características producidas dependiendo de la distancia veamos dos ejemplos donde hay una confluencia de las características descritas.



Imágen 15. La herida del centro es por contacto, la de la derecha es por contacto muy cercano y la de la izquierda tiene un punteado, que aunque sutil es observable.



Imágen 16. Otro ejemplo donde confluyen heridas por contacto, contacto muy cercano, corta distancia y una herida a mayor distancia.

D) HERIDAS DE BALA EN LA CABEZA.

Tienden a tener características propias por las características físicas de la cavidad craneana.

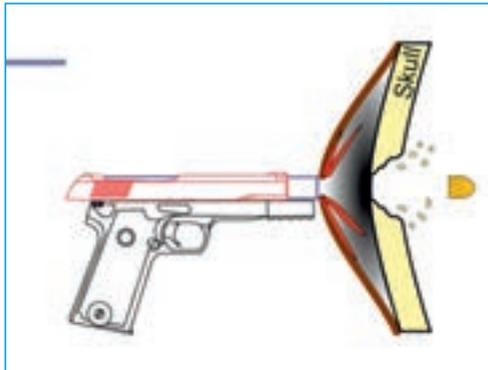


Diagrama 1. Representa la piel expandida al disparo.



Imágen 17. Cuatro ejemplos de heridas por contacto en la cabeza. Las tres primeras produciendo heridas de forma de "estrella" y con laceraciones radiales por la expansión de gases. La herida en la frente tiene una forma de "H" que también vemos con frecuencia.

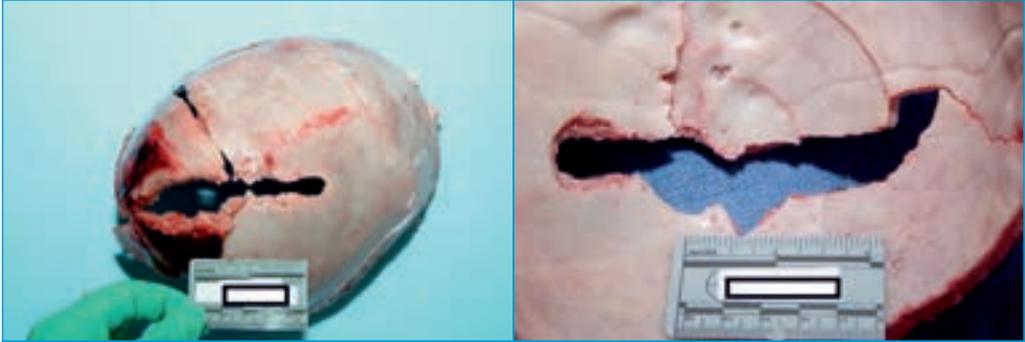


**Imágen 18.** Siempre se ha asociado las heridas en la cabeza con heridas de contacto o a boca de jarro. Sin embargo, DiMaio<sup>3</sup> refiere que heridas producidas a distancia pueden tener el mismo efecto. En este ejemplo vemos una herida que fue producida por un arma disparada desde la calle hacia el interior de un vehículo.

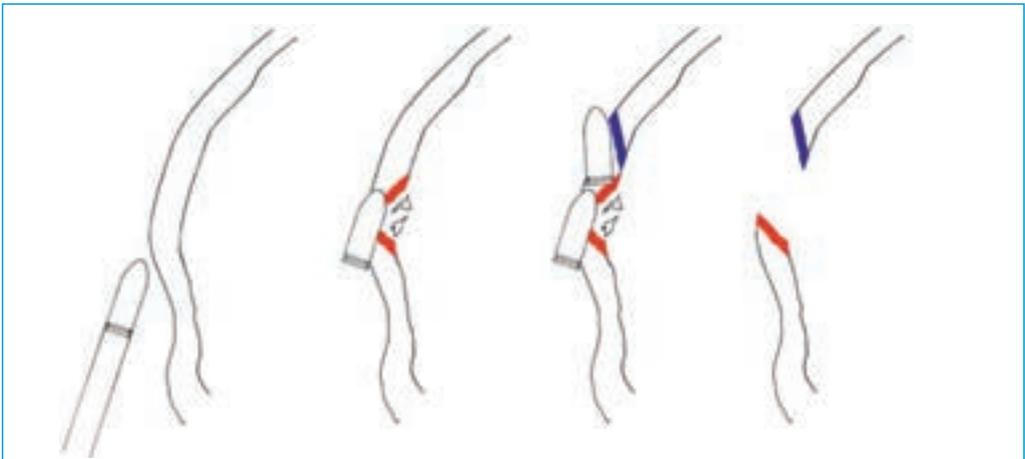
E) HERIDAS DE “OJO DE CERRADURA”.



**Imágen 19.** Estas heridas son producidas cuando la bala perfora en angulo agudo. Nótese la imágen de la derecha donde se aprecia el biselado. La bala perforó de derecha a izquierda donde el biselado es hacia adentro (tabla interna) y sale a la izquierda donde el biselado es hacia afuera (tabla externa).

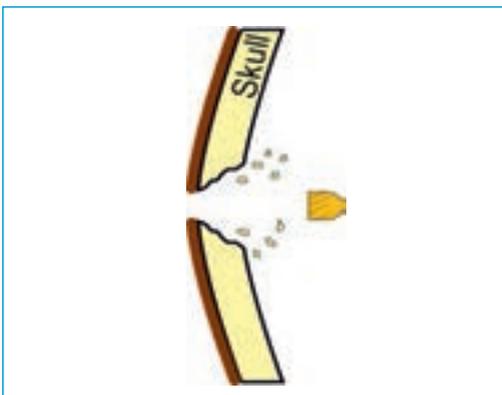


**Imágen 20.** Otro ejemplo de “ojo de cerradura” Más alargado que el anterior pero donde se observa de manera clara el biselado producido por la entrada y la salida. A la derecha vemos la tabla interna con el biselado opuesto a la tabla externa.



**Diagrama 2.** Representación de como se produce el “ojo de cerradura”. Es de notar que muchas veces la bala penetra el encéfalo, en otras ocasiones es un fragmento de cráneo y en otras es una combinación de ambos.

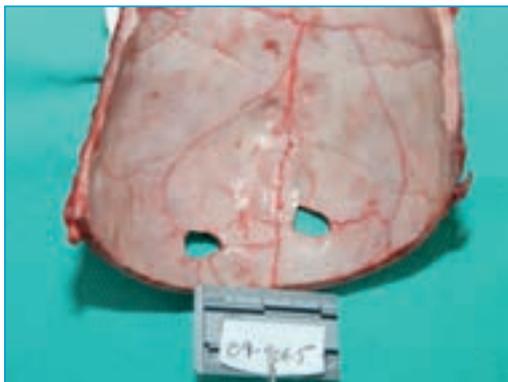
**F) HERIDAS DE ENTRADA EN EL CRANEO.**



**Diagrama 3.** Como se produce el biselado en la tabla externa. (Izquierda).



**Imágen 21.** Herida de entrada en el cráneo con biselado en la tabla interna. (derecha).



Imágen 22. Perforaciones de salida con biselado en la tabla externa.

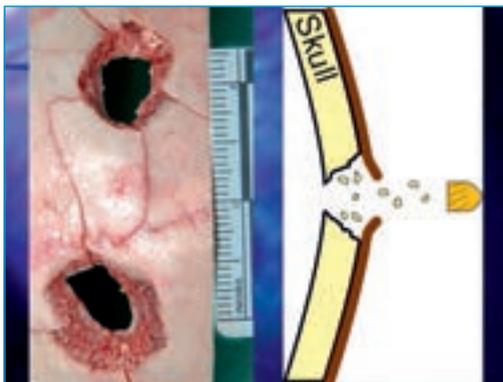
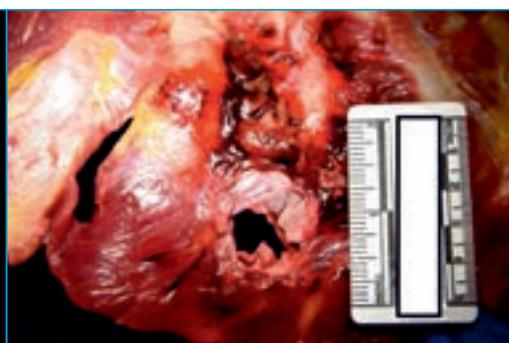


Diagrama 4. Como se produce el biselado. A la derecha, tabla interna.



Imágen 23. Importante señalar que el biselado nos ayuda a determinar la direccionalidad en otros huesos, como las costillas. Entrada a la izquierda y salida a la derecha.



G) ORIFICIOS DE SALIDA.



Imágen 24. Tres ejemplos de orificios de salida. Al perforar tejidos, vísceras y huesos, la bala pierde energía cinética. Si tiene energía residual crea una herida irregular al salir (izquierda). A veces crea herida pero la bala se queda debajo de la piel (centro) y muchas veces magulla el tejido blando alrededor de la herida produciendo contusiones (derecha).

H) ORIFICIOS DE SALIDA APUNTALADOS.

Suceden cuando hay un elemento que provoca que la bala al salir sea empujada al orificio. Por ejemplo cuando la víctima está en el piso o hay piezas de ropa como las correas que hacen fuerza a la bala que intenta salir.



Imágen 25. A la izquierda un orificio de entrada. A la derecha uno de salida apuntalado. Nótese la similitud.

I) ORIFICIO DE ENTRADA QUE SE PRESTA A CONFUSIÓN.



Imágen 26. Orificio de entrada que fue clasificado como de contacto por la presencia de polvillo negrozco. En realidad ue una herida a distancia. La bala rebotó en el pavimento y produjo ese efecto. Nótese la deformación de la bala por el rebote.

J) ORIFICIOS DE ENTRADA EN LAS PALMAS DE LA MANO.



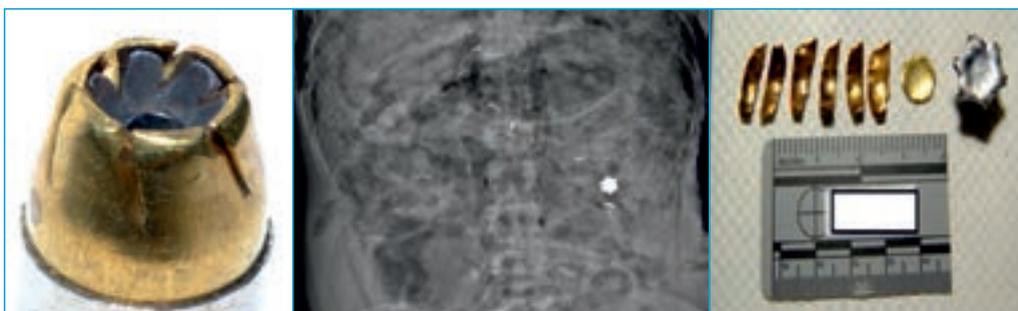
Imágen 27. DiMaio[3] describe como los orificios de entrada en las palmas de las manos y plantas de los pies tienen forma de "estrella". Aquí un ejemplo.

K) MUNICIONES Y RADIOLOGIA.

Vamos a mostrar algunos ejemplos de municiones y como podemos identificarlas mediante radiología digital.



Imágen 28. Este es un ejemplo de bala Ranger-Winchester SXT que se “abre” como un hongo y contiene “espuelas” que perforan los organos y que representan un peligro real a los que participan en la autopsia.



Imágen 29. Es un buen ejemplo de un tipo de munición que se desgaja al perforar organos y la parte superior tiene forma de estrella. (Golden Saber).



Imágen 30. Munición Federal EFMJ.



Imágen 31. Munición Federal Premium "Guard Dog".

L) EMBOLIZACIÓN DE BALAS.

Sucede en raros casos y siempre se asocia a balas de bajo calibre. La imagen 32 es un caso excepcional de una bala de calibre 40 que perforó la quinta costilla izquierda, ventrículo izquierdo y aorta. Se encrustó en la bifurcación. Nótese que la bala viajó con un fragmento de costilla.



Imágen 32. Bala calibre 40 en la bifurcación de la aorta.

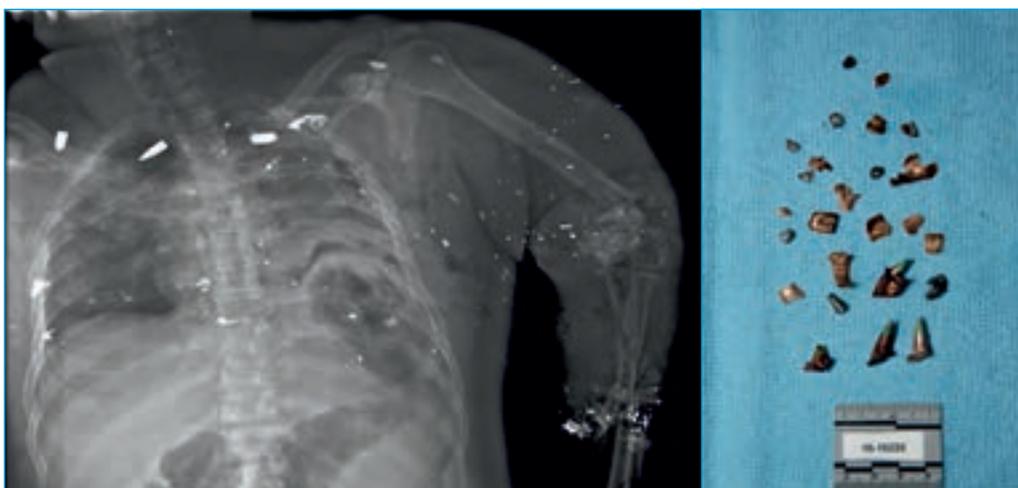
M) HERIDAS POR ARMAS DE ALTO CALIBRE.



Imágen 33. Rifles de alto calibre.

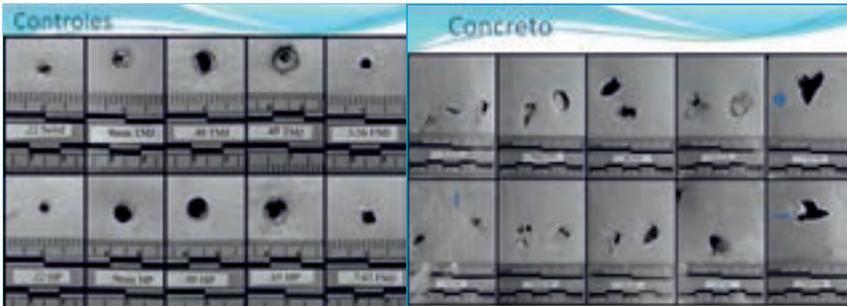


Imágen 33. Orificios producidos por rifles de alto calibre.



Imágen 34. Radiología demostrando como se fragmentan las balas producidas por rifles de alto calibre, la llamada "tormenta de nieve". A la derecha los fragmentos.

El siguiente estudio que quisiera presentarles fue realizado utilizando piel de cerdo. El proposito del estudio fue comparar las características de los orificios de entrada producidos por diferentes armas de fuego, pero más importante, el objetivo principal era comparar las características de los orificios de entrada cuando hay un obstaculo intermedio (intermediary target). En nuestra experiencia en Norteamerica, una proporcion significativa de heridas por armas de fuego se producen como resultado de disparos desde vehiculos en movimiento y por eso utilizamos diferentes elementos como forma de comparacion.



**Imágen 35.** Vease como los orificios de entrada son típicos mientras que cuando rebotan en concreto los orificios tienen diferentes características.

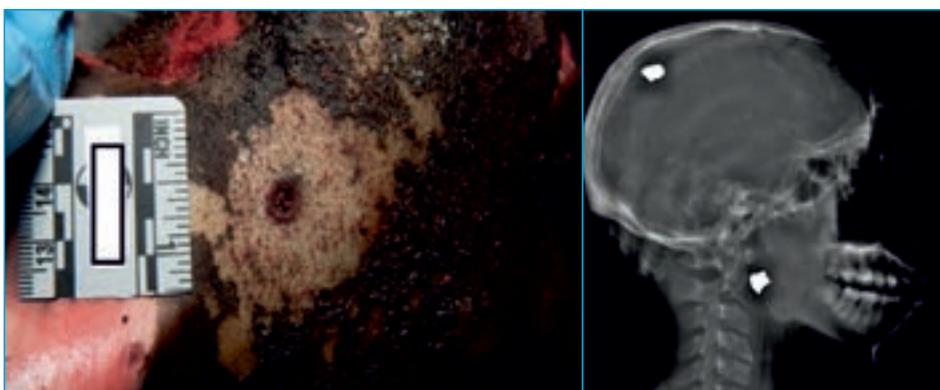
**N) HERIDAS DE BALA EN CADAVERES DESCOMPUESTOS Y/O QUEMADOS.**



**Imágen 36.** A la izquierda vemos dos orificios en el cual la sangre del hematoma ha adquirido una coloración verdosa. Nótese la ironía del tatuaje. A la derecha vemos un orificio de entrada que ha sido infestado por gusanos. Siempre que haya un orificio no natural con gusanos hay que descartar heridas pre-mortem.



Imágen 37. Orificio de entrada en el mentón con salida en el frontal.



Imágen 38. Masculino encontrado con quemaduras en el maletero de un carro. De ahí la importancia de la radiología digital.



Imágen 39. Ejemplo similar al anterior donde se aprecian los orificios.

Ñ) HERIDAS POR ESCOPETAS.



Imágen 40. Componentes de cartucho de escopeta. A la izquierda con perdigones y la derecha con postas.



Imágen 41. Munición de escopeta que consiste en proyectiles como el Breneke y Foster.

5. EVALUACIÓN DE DISTANCIA EN ESCOPETA.



Imágen 42. Heridas de contacto y a muy corta distancia se caracterizan por un orificio más o menos circular pero de mayor diámetro que las producidas por pistolas/revolver.



Imágen 43. A poca distancia el taco de plástico empieza a abrirse y crea un efecto estoneado (izquierda). Un poco más alejado los perdigones se dispersan (derecha).



Imágen 44. Mayor dispersion de los perdigones a mayor distancia.



Imágen 45. Heridas producidas por postas.



Imágen 46. "Cruz de Malta" producida por el taco de plástico al abrirse.



Imagen 47. Heridas de escopeta en la cabeza tienden a ser devastadoras.



Imágen 48. Otro ejemplo de herida intra-oral de escopeta con reconstrucción.



**Imágen 49.** Ya que hablamos de heridas intra-orales es bueno recordar que heridas en la boca por pistolas/revólveres producen, por la expansión de gases, laceraciones en las comisuras que no se deben confundir por heridas de armas blanca o trauma contuso.

**A) HERIDAS POR PISTOLA DE PERNO CAUTIVO.**

Son pistolas creadas para aturdir ganado vacuno. DiMaio [3] se refiere a ellas pero no tiene casos. Refiere un homicidio que ocurrió en Alemania [4], sin embargo las fotos no son de buena calidad. Les presento un caso de suicidio por pistola de perno cautivo:



**Imágen 50.** A la izquierda la pistola de perno cautivo y base que contiene aire comprimido. A la derecha el asiento del vehículo con abundante sangre.



**Imágen 51.** La pregunta que se hacían muchos forenses en cuanto a las características de las heridas queda respondida en estas imágenes. El orificio de entrada es similar a otras armas de fuego y el biselado en el cráneo es exactamente igual. El sujeto se disparó en la frente.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Centers for Disease Control and Prevention. National Center for health statistics. 2017 report.
2. Federal Bureau of Investigation Uniform Crime Reports, 2014.
3. DIMAIO, VINCENT JM. Gunshot wounds. Third edition. CRC press. 2016
4. BETZ, P et al. Homicide with a captive bolt pistol. Am J Forensic Med Pathol. Vol14, No 1, 1993.

**10**

**Patología y antropología de las lesiones atípicas por impacto de proyectiles de arma de fuego en Colombia.**

# Patología y antropología de las lesiones atípicas por impacto de proyectiles de arma de fuego en Colombia.

CÉSAR SANABRIA-MEDINA<sup>1,2</sup>, EDGAR HERNALDO BERNAL GONZÁLEZ<sup>3</sup>, LUIS CARLOS SALGADO CASTELLANOS<sup>4</sup>

## 1. INTRODUCCIÓN.

La correcta documentación, análisis e interpretación de los traumatismos óseos por impacto de proyectil de arma de fuego (en adelante PAF) se constituyen en un eje fundamental durante la necropsia medicolegal, a la vez que se convierten en factores orientadores de la investigación judicial de la muerte y, por supuesto, en la toma de decisiones jurídicas durante los procesos penales que juzgan a sindicados de homicidios y crímenes de guerra, entre otros.

Hace tres décadas, el mero hecho de sugerir la existencia de una relación entre la identificación forense de traumatismos óseos, la defensa de los DDHH y la acción humanitaria, hubiese causado la burla de la mayoría de los especialistas forenses, de los activistas de derechos humanos y de los trabajadores humanitarios. Hoy las cosas han cambiado, la necesidad de una interpretación científica de los traumatismos óseos en investigaciones de crímenes de lesa humanidad y desapariciones, es básicamente obvia para todas aquellas personas que trabajan en el tema [1].

La interpretación del trauma óseo por impacto de PAF es, de hecho, un ejercicio complejo en necropsias a cadáveres frescos, sin embargo, cuando se trata de cuerpos esqueletizados o componentes anatómicos óseos aislados del resto del cuerpo, dicha complejidad se magnifica por la ausencia de elementos de juicio que sí suelen estar presentes en casos de cuerpos frescos.

Actualmente, la interpretación del trauma óseo por impacto de PAF en cadáveres esqueletizados se ha visto enriquecida por investigaciones y estudios experimentales en el campo de la biomecánica, así como el acceso a amplia casuística publicada en revistas científicas de alto impacto en la web. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que la interdisciplinariedad en la interpretación del trauma es uno de los factores que permite obtener resultados más aproximados a la realidad.

Como prueba del éxito de dicha interdisciplinariedad, el presente capítulo muestra el análisis e interpretación de cinco casos con traumatismos óseos por impacto de PAF, uno en cadáver fresco y cuatro en cadáveres esqueletizados, estos últimos fueron examinados durante segundas necropsias ordenadas por la autoridad en razón a que en las primeras no se resolvieron todos los interrogantes, o porque hubo dudas con respecto a la conclusión. Uno de estos casos permitió, muchos años después de la primera necropsia, obtener material

1. Antropólogo Forense. Grupo de Investigación en Ciencias Forenses, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Bogotá D.C., Colombia; cesarsanabriam@uan.edu.co

2. Researcher. Biomedical Sciences Research Group, School of Medicine, Universidad Antonio Nariño, Bogotá D.C., Colombia.

3. Antropólogo Forense. Unidad de Búsqueda de Personas Desaparecidas. Dirección Técnica de Prospección, Recuperación e Identificación. Bogotá D.C., Colombia.

4. Médico Forense. Unidad de Búsqueda de Personas Desaparecidas. Dirección Técnica de Prospección, Recuperación e Identificación. Bogotá D.C., Colombia.

probatorio para demostrar violación de los derechos humanos (DD.HH.) e infracciones al derecho internacional humanitario (DIH), aunque en general todos pretenden ofrecer una explicación desde la biomecánica o con el análisis de elementos de juicio que por diversidad de razones no fueron tenidos en cuenta en la primera necropsia, o que por su morfología atípica condujeron a una interpretación no tan cercana a la realidad.

## A) CASO 1- TRAUMAS CRANEALES ATÍPICOS POR IMPACTO DE PAF.

Se trata del cadáver esqueletizado de un individuo masculino de 40 años que fallece durante un intercambio de disparos con la fuerza pública. El cuerpo es objeto de una primera necropsia cuando aún presentaba tejidos blandos, allí se señaló la ocurrencia de lesiones por impacto de PAF en: cráneo, cuello, tórax, abdomen y dorso, sin embargo, no se profundiza en su análisis, particularmente en cráneo, lo que generó incertidumbre sobre entradas, salidas y trayectorias, entre otros. Debido a que en ese momento no fue posible su identificación, el cadáver fue dispuesto en un cementerio público en bóveda individual.

Años después y en razón a que surgió una hipótesis sobre la identidad, la autoridad ordena la realización de una segunda necropsia para confirmar o descartar dicha hipótesis y para ampliar el análisis de los traumatismos craneales; esto último en razón a que en la primera necropsia no se documentaron la totalidad de alteraciones.

A continuación, se documentan los hallazgos relacionados con los traumatismos óseos craneales, que en este caso no exhiben características macroscópicas típicas o “esperables” para lesiones compatibles con el impacto de PAF, como por ejemplo orificios de entrada de forma regular (circular u ovalada), con la circunferencia del orificio completa, con bordes regulares en una región vs exposición de tejido trabecular en su contraparte, fracturas o fisuras que se irradian y alejan de la pérdida. Este caso demuestra una vez más la importancia de la reconstrucción/restauración sistemática de los fragmentos óseos afectados para lograr un adecuado análisis/interpretación que permita reconstruir los hechos.

### 1. Hallazgos.

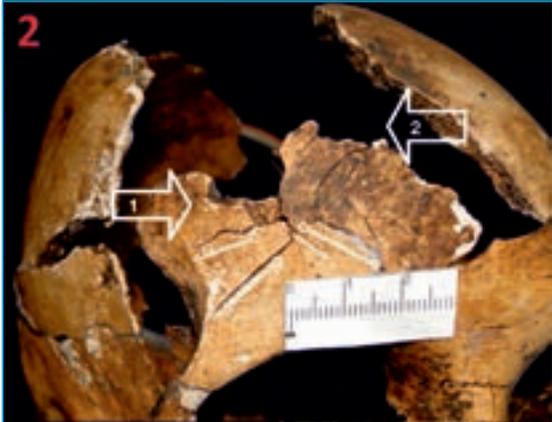
El cadáver se recibe esqueletizado, el cráneo se encuentra incompleto, polifragmentado, erosionado y con signos de deformación plástica. Luego de un proceso de reconstrucción mediante pegado de los fragmentos con UHU®, se observa una pérdida ostensible de sustancia ósea que afectó región superior de frontal, región anterior de maxilares, parietales y occipital.

En la región superior lateral derecha de frontal presenta un defecto irregular de 14,8 mm de diámetro, con bordes regulares en su región interna (Figura 1, óvalo). En tabla ósea externa del frontal presenta cuatro fracturas que se originan en borde anterior lateral derecho del defecto, con 13, 17, 25 y 36 mm de longitud, tres de ellas se desplazan hacia el borde superior de la órbita derecha y una a la línea del temporal del frontal (Figura 2, flecha 1).

En la región medial del borde de la fractura ubicada en el extremo posterior del frontal se originan dos fracturas de 7 y 16 mm de longitud, que se desplazan hacia el defecto anterior descrito, disipándose antes de entrar en contacto con el mismo (Figura 2, flecha 2).



**Figura 1.** Vista región anterior del cráneo donde se aprecian defectos óseos con fracturas asociadas (óvalo).



**Figura 2.** Vista región anterior derecha del frontal donde se aprecian en de talla dos defectos óseos y las fracturas radiales asociadas (flechas 1 y 2).

En la región lateral izquierda del frontal, sobre borde de órbita del mismo lado, presenta un defecto de forma irregular, con sus bordes superior y lateral izquierdo alterados por la acción de agentes tafonómicos (bordes blanquecinos), de 11,9 x 16,5 mm en sus máximas longitudes (Figura 3, flecha 3). El defecto presenta cuatro fracturas radiales asociadas: 1) y 2) se originan del borde lateral izquierdo, la primera de 48 mm de longitud que se desplaza hacia el segmento lateral izquierdo de la sutura coronal y la segunda de 98 mm de longitud que se desplaza hacia una fractura preexistente ubicada en el temporal izquierdo; 3) se origina en el borde lateral derecho del defecto, con 7 mm de longitud, que se bifurca en una de 13 mm que a su vez se desplaza hacia región medial de frontal y en otra de 31 mm de longitud que se desplaza hacia la sutura naso frontal derecha; y 4) se origina en la región supero lateral derecha de 86 mm de longitud que se desplaza hacia el parietal izquierdo (Figura 4, flecha 3 y flecha doble).



**Figura 3.** Vista región anterior izquierda del cráneo donde se aprecia un defecto óseo con alteraciones tafonómicas.



**Figura 4.** Vista región anterior y lateral izquierda del cráneo donde se aprecia el mismo defecto óseo con varias fracturas asociadas.

En la región anterior del maxilar derecho presenta pérdida ósea irregular, con sus bordes laterales alterados por procesos tafonómicos de 24,0 x 21,7 mm en sus máximas longitudes (Figura 5, flecha 4). El defecto presenta dos fracturas radiales asociadas: 1) se origina en el borde supero lateral izquierdo del defecto de 8 mm de longitud que se desplaza hacia el hueso nasal derecho, y 2) se origina en el borde inferior del defecto de 12 mm de longitud y se dirige hacia el reborde alveolar derecho (Figura 5, flechas).



**Figura 5.** Vista región anterior del maxilar derecho donde se observa pérdida de sustancia ósea con bordes alterados por acción de agentes tafonómicos. La pérdida se encuentra asociada a dos fracturas radiales.

**Autor Figuras 1 a 5:** Edgar Bernal, Grupo Nacional de Patología, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

## 2. Análisis diferencial y conclusión.

Teniendo en cuenta que:

- 1) El cráneo está polifragmentado y con pérdidas ostensibles de tejido óseo.
- 2) Luego del proceso de reconstrucción se observó que varias de las fracturas cruzan zonas de refuerzo, como el proceso mastoideo izquierdo y arcos superciliares.
- 3) El cráneo presenta leve deformación plástica.
- 4) Los defectos descritos presentan pequeños diámetros, de los cuales se originan al menos dos fracturas radiales.
- 5) El cadáver presenta en otras estructuras óseas (vértebras y arcos costales) alteraciones claramente compatibles con lesiones por impacto de PAF.
- 6) Durante el análisis de prendas se lograron apreciar en la región antero medial del tercio superior de un saco deportivo, tres soluciones de continuidad de 8, 8 y 15 mm que concuerdan con las alteraciones documentadas en las vértebras y arcos costales, que son compatibles con lesiones por impacto de PAF.
- 7) Y, que la información contextual, primera necropsia e hipótesis de los hechos, relacionaron todas las lesiones como producto del impacto de varios proyectiles de arma de fuego.

Se concluye que el mecanismo lesivo más probable que generó las alteraciones descritas en el cráneo son producto del impacto de varios PAF, aun así, no se descarta otro mecanismo balístico como fragmentos irregulares de proyectil. Debido a la carencia de más elementos diagnósticos no fue posible establecer trayectorias.

## B) CASO N° 2 - TRAUMAS ATÍPICOS POR PAF EN CINTURA PÉLVICA.

Se trata del cadáver esqueletizado de un individuo masculino, con edad biológica estimada entre 21 a 30 años. El cadáver hasta la fecha no tiene una hipótesis de identidad, pero se recuperó dentro del marco del proceso de paz firmado entre el Gobierno colombiano con los grupos paramilitares, desarrollado en Colombia desde 2005.

A continuación, se presentan los hallazgos que no mostraron las características macroscópicas “esperables” para lesiones compatibles con el impacto de PAF.

### 1. Hallazgos.

La región anterior de lámina del cuerpo de escápula derecha presenta un defecto óseo rectangular de 5x5 mm en sus máximos diámetros (Figura 6), con eversión de tejido cortical y delaminación en borde lateral del defecto (Figura 7, flechas). La pérdida se encuentra circundada por mancha de color verde esmeralda, cuyos máximos diámetros son 62 x 40 mm, esta es más evidente en región interna de la estructura y es compatible con el óxido de un elemento metálico, posiblemente cobre.

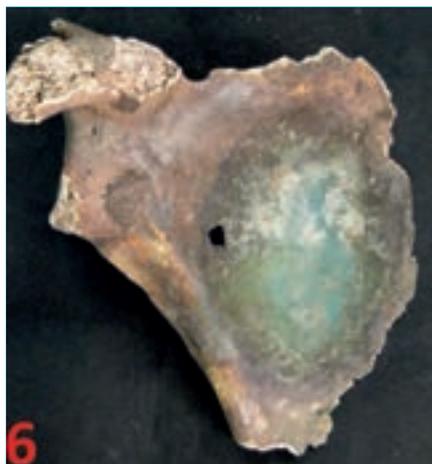


Figura 6. Vista anterior de escápula derecha, donde se observa defecto óseo con forma rectangular y mancha verdosa asociada.

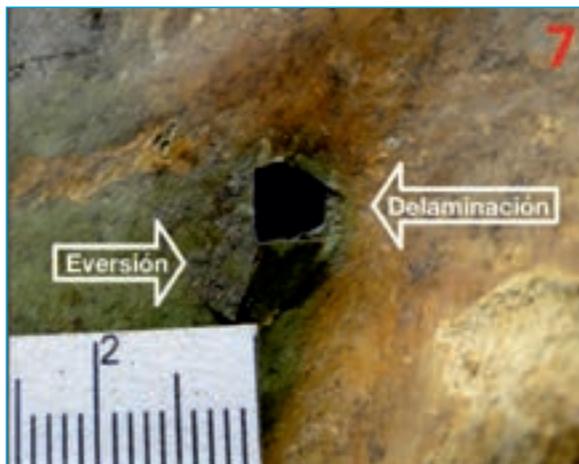


Figura 7. Detalle de región posterior del defecto rectangular señalado en la figura 6, donde se observa eversión de tejido cortical y delaminación en uno de sus bordes.

En región posterior lateral de ala iliaca de coxal izquierdo presenta defecto óseo rectangular, con 8x8 mm en sus máximos diámetros, con bordes regulares en su región posterior y alteraciones tafonómicas en región anterior. El defecto está asociado a dos fracturas concéntricas (Figuras 8 y 9). Del borde inferior de la segunda fractura concéntrica, la más externa, se origina una fractura oblicua de 17 mm de longitud, que se desplaza hacia la escotadura ciática mayor.

En región interna de ala iliaca izquierda presenta pérdida ósea de bordes irregulares y de color más claro que el resto de la estructura (bordes blanquecinos), se ubica alrededor del defecto óseo descrito anteriormente, aun así, es posible observar una fractura radial, de bordes regulares y del mismo color que el resto del tejido cortical circundante, con 63 mm de longitud, que se desplaza hacia el agujero obturador (Figura 10, flecha).



Figura 8. Vista posterior de ala iliaca de coxal izquierdo con defecto óseo de rectangular circundado por fracturas concéntricas.

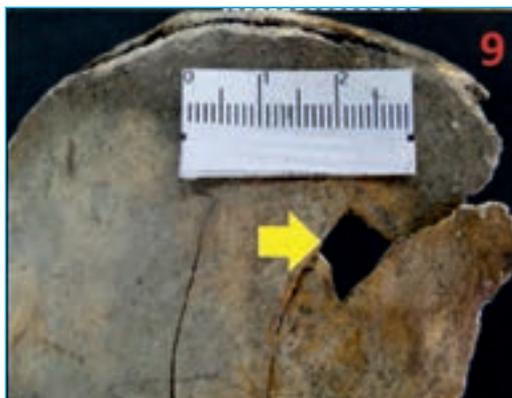


Figura 9. Foto de detalle del defecto rectangular señalado en la figura 8."

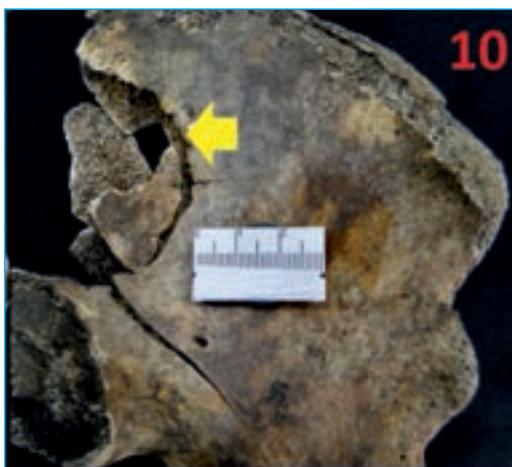


Figura 10. Vista anterior de ala iliaca izquierda, donde se observa el dorso del defecto óseo presentado en las figuras 8 y 9, allí se puede observar que los bordes están alterados por la acción de agentes tafonómicos.

Autor Figuras 6 a 10: Edgar Bernal, Grupo Nacional de Patología, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

## 2. Análisis diferencial y conclusión.

Teniendo en cuenta que:

- 1) Los defectos descritos para la escápula derecha y coxal izquierdo presentan formas y diámetros similares, y que del defecto descrito para el coxal se originan varias fracturas (concéntricas y radiales).
- 2) El cadáver presenta en otras estructuras óseas (cráneo, mandíbula, vértebras y arcos costales), alteraciones claramente compatibles con lesiones por impacto de PAF.
- 3) Durante los estudios radiológicos se detectaron varios elementos radiopacos asociados a las estructuras óseas que presentaban alteraciones tipo *peri mortem*.

- 4) Y, en la escápula derecha se observa una gran mancha verde asociada al lugar donde se ubica una de las alteraciones descritas. Este tipo de hallazgo también se documentó en algunos arcos costales derechos.

Se concluye que el mecanismo lesivo más probable que generó las alteraciones descritas en escápula derecha y coxal izquierdo fue el impacto de varios elementos balísticos, ya sea fragmentos de un PAF o metralla.

En el caso de la escápula derecha se puede plantear que el fragmento metálico, probablemente el encamisado en cobre del núcleo, no logró cruzar en su totalidad la estructura, quedando atrapado allí y oxidándose durante el proceso de descomposición, lo que generó la mancha reportada.

Se determinó una trayectoria de anterior a posterior, y no concluyente en los demás planos anatómicos. Para el coxal izquierdo se estableció trayectoria postero-anterior, izquierda-derecha e ínfero-superior.

### C) CASO N° 3 - TÁNDEM ATÍPICO.

Se trata de cadáver femenino de 30 años de edad, encontrada por su madre en su domicilio con una herida por impacto de PAF en parietal derecho. Según vecinos, la mujer ingreso a su domicilio a las 11 pm, con posterior discusión con su padrastro, quien sale de la casa a las 11:45 pm. Un vecino escuchó dos disparos a las 11:30 pm, pero no pudo confirmar con certeza si ocurrieron en la casa donde encontraron la mujer. El cadáver fue encontrado en decúbito supino, vestido y con un revolver en la mano derecha. La hipótesis inicial de la autoridad fue que se trataba de un suicidio.

#### 1. Hallazgos.

Orificio de entrada: ubicado en parietal derecho, a 8 cm de línea media anterior y a 5 cm de vértex; es una herida de bordes hemorrágicos e invertidos de 1 x 0.6 cm, con anillo de contusión, sin residuos macroscópicos de disparo ni tatuaje (Figura 11).

Orificio de salida: no hay orificio de salida, sin embargo, se encuentran dos núcleos alojados en cráneo: uno en fosa cerebelosa izquierda y otro en lóbulo parietal derecho, el primero calibre 9mm, el segundo calibre .38 Special.



Figura 11. Orificio de entrada de PAF. Figura 12. Orificio de entrada de PAF, vista superior. La flecha amarilla señala delaminación, las azules señalan craterización externa."

Autor Figuras 11 y 12: Luis Carlos Salgado, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Bogotá.

Lesiones: laceración de cuero cabelludo y gálea aponeurótica, pérdida ósea en forma de “8” con disposición vertical (Figura 12), con delaminación de tejido cortical en porción superior (Figura 12, flecha amarilla) y craterización externa en borde superior y lateral derecho (Figura 12, flechas azules), con craterización interna en borde inferior, laceración de meninges y tejido cerebral de lóbulo parietal derecho, núcleos de la base, tronco encefálico del lóbulo occipital izquierdo y lóbulo cerebeloso izquierdo.

Trayectoria anatómica: antero-posterior, derecha-izquierda, supero-inferior.

## 2. Análisis y conclusión.

Las características externas de los bordes y la presencia del anillo de contusión son compatibles con orificio de entrada de PAF. Los Rx muestran dos núcleos de proyectil al interior de cráneo. La tabla externa craneal exhibe pérdida ósea en forma de “8”, correspondiente a orificio atípico de entrada de PAF, que en este caso fue ocasionado por el impacto de dos proyectiles de diferente calibre que ingresaron uno tras otro y, prácticamente con el mismo ángulo de incidencia sobre el hueso, generando dos orificios de entrada incompletos. El análisis conjunto con el profesional en balística forense permitió concluir que los dos núcleos recuperados fueron disparados desde el mismo revólver encontrado en la escena. Esta tesis encuentra fundamento en razón a que las dimensiones del calibre 9mm y .38 Special son similares, lo que permitió que pudieran ingresarse al revólver y salir por su cañón. Adicionalmente, dicha hipótesis fue confirmada con certeza mediante pruebas de balística que permitieron cotejar el rayado (estriado) y morfología de los núcleos recuperados, con los disparados en las pruebas balísticas realizadas con el arma incautada.

La pérdida ósea en forma de “8” es conocida en la jerga forense como tándem [2], [3]), en razón a que el efecto final de este tipo de disparos en el tejido óseo son dos círculos unidos, aparentando un número ocho [4]. Son varias las causas que generan orificios tándem, por ejemplo, el vuelo axial inestable de un núcleo o de misiles deformados [5] o el uso de cartuchos de menor calibre que los destinados para el arma, ya sea por accidente o intencionalmente [6], [7].

En dichas situaciones, después de un primer disparo, el núcleo puede quedar atrapado al interior del cañón debido a que la ignición no puede generar una descarga con la suficiente fuerza para hacerlo salir. Si el arma se dispara inmediatamente una segunda vez, los dos proyectiles son eyectados fuera del cañón al mismo tiempo, es decir, el segundo impulsa al primero que estaba atrapado al interior del cañón, creando la posibilidad que estos impacten en áreas adyacentes e incluso compartiendo total o parcialmente un mismo orificio de entrada, que es lo que ocurre en los casos tándem. Una vez producido el efecto tándem en el tejido óseo, los proyectiles involucrados siguen su propia dirección y su salida no va a ser la misma, asimismo, la morfología de la tabla interna de los orificios de entrada (OE) tipo tándem suele ser similar que la mayoría de OE, es decir craterización o biselado interno, y craterización externa en los orificios de salida [4].

A partir de la localización del OE de los dos disparos se estableció que se trataba de una manera de muerte homicida, hipótesis confirmada por el resultado negativo del análisis de residuos de disparo en las manos de la víctima. También se estableció con certeza que se trataba de un OE tipo tándem, aunque no el tándem típico con forma de 8, ya que, por presentar craterización externa en uno de los extremos de la pérdida, se hubiese podido interpretar también como un orificio tipo *keyhole*, lo que se descartó además por la ausencia de un OS y el hallazgo de dos núcleos al interior de cráneo.

Finalmente, es de resaltar que en el presente caso fue posible responder prácticamente todos los interrogantes del caso gracias a la presencia de gran cantidad de elementos de juicio, sin

embargo, es importante realizar un ejercicio de reflexión que será de utilidad para el análisis e interpretación de casos con traumatismos similares, pero en cadáveres esqueletizados, en los que generalmente no se dispone de ninguna información y/o poca o ninguna evidencia balística.

Dicho ejercicio se puede realizar comparando e interpretando las Figuras 13 A, B y C, pero desconociendo la información del caso aquí presentado ¿Cuál sería el diagnóstico del lector para cada traumatismo? ¿Acaso la Figura 13A, que es el caso aquí presentado, sería interpretada como tándem, tándem atípico, *keyhole* o *keyhole* atípico?



**Figura 13A.** Corresponde a tándem craneal del presente caso, causado por el impacto de dos núcleos que ingresaron a cráneo. **Figura 13B.** Corresponde a *keyhole* en cráneo de cadáver fresco. **Figura 13C.** Corresponde a *keyhole* en cráneo de cadáver esqueletizado.

**Autor Figura 13 A:** Luis Carlos Salgado, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Grupo Nacional de Patología Forense.

**Autor Figuras 13 B y C:** Tomadas de Sanabria-Medina (2016) con permiso del editor.

**D) CASO N° 4. DE MUERTE EN COMBATE A EJECUCIÓN EXTRAJUDICIAL.**

Se trata de un cadáver esqueletizado, exhumado en 2015 de una fosa con dos individuos, localizada en cementerio público. Según versión de la autoridad, dichos individuos fallecieron en 2000 en medio de un enfrentamiento armado entre guerrillas y fuerza pública, en la escena se hallaron dos armas de fuego junto a los dos cuerpos, posteriormente fueron sometidos a necropsia medicolegal e inhumados como NN.

En razón a que existían dudas sobre el contexto de la muerte, la autoridad ordenó, quince años después, una segunda necropsia con el fin de confirmar o descartar que la muerte se produjo durante un enfrentamiento armado.

**1. Hallazgos.**

En la segunda necropsia el abordaje fue simultáneo e interdisciplinario, con la participación de medicina, odontología y antropología forense, allí se encontró un cadáver incompleto, parcialmente esqueletizado, con remanentes abundantes de adipocira. Posterior a la toma de radiografías se realizó el examen mediante disección por planos anatómicos, retirando el tejido saponificado y recuperando los elementos con densidad metálica visualizados en las radiografías. Se encontraron traumatismos óseos por impacto de PAF en cráneo, arcos costales y escápula derecha. El cráneo se encontró fragmentado e incompleto, posterior a la restauración de los fragmentos con UHU® se observó interdisciplinariamente lo siguiente:

a) Hueso occipital: en porción basal derecha, entre apófisis mastoides y cóndilo de lado derecho presenta pérdida ósea de 1.3 cm de diámetro (Figura 14, rectángulo), con bordes de coloración entre negro y verde oscuro, de la que se originan tres fracturas radiales y tres concéntricas con dirección superior e izquierda, que sobrepasan suturas craneales y zonas de refuerzo del cráneo, alteraciones compatibles con evento traumático de alta energía.

b) Macizo facial: en maxilar izquierdo presenta pérdida ósea de forma irregular, con 26 mm x 17 mm, asociada a dos fracturas de bordes regulares y de coloración similar al resto de la estructura ósea (Figura 15, círculo rojo).

a.1. Fracturas asociadas: en zigomático izquierdo presenta fractura completa de trazo oblicuo, de bordes regulares y de coloración similar al resto de la estructura ósea.

a.2. Orbita izquierda: en techo orbital presenta fractura completa, de bordes regulares y de coloración similar al resto de la estructura ósea, adicionalmente del borde supero medial se origina una fractura que se une con otra fractura completa que viene de órbita derecha, formando una fractura que discurre hacia superior y posterior, cruzando la sutura coronal, disipándose en la región posterior del parietal derecho.

Las pérdidas óseas y fracturas craneales confirman que el mecanismo causal fue un impacto de PAF. Los elementos radiopacos en cráneo (Figura 16, círculos rojos) y la morfología gener de la pérdida ósea indican que el orificio de entrada es la lesión descrita como a), cuya distribución de fracturas y lesiones descritas en ítem a.2 corresponden a la pérdida ósea o zona de salida.

c) Lesiones: el proyectil lesionó en su trayectoria piel, gálea aponeurótica, meninges, sistema nervioso central y globo ocular izquierdo.

d) Trayectoria anatómica: postero-anterior, derecha-izquierda, infero-superior.

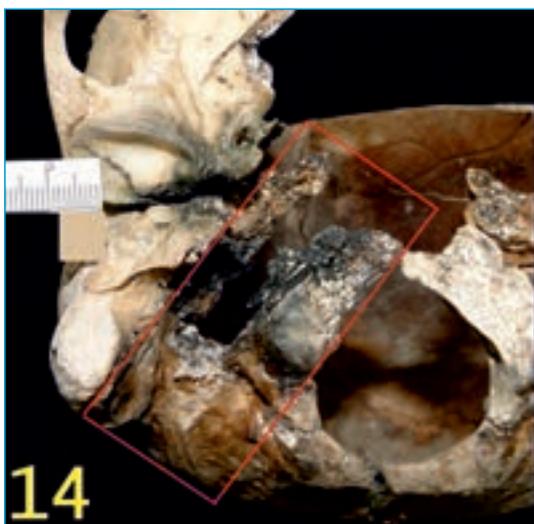


Figura 14. El rectángulo encierra la lesión a)



Figura 15. El círculo encierra la lesión b)

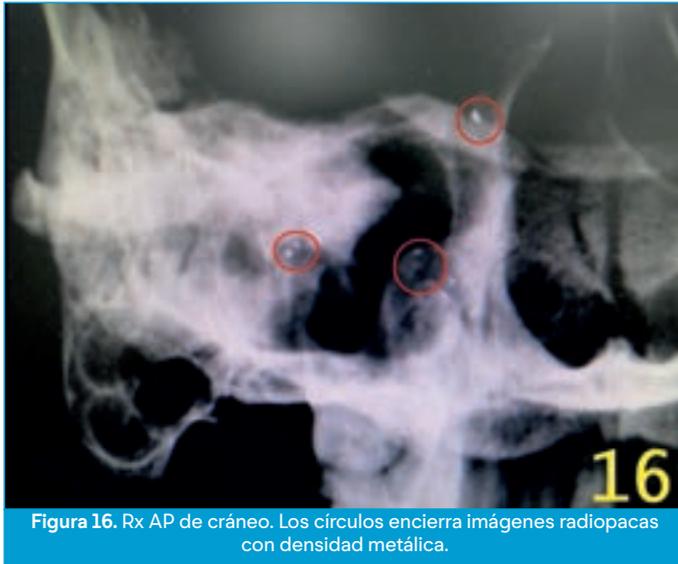


Figura 16. Rx AP de cráneo. Los círculos encierra imágenes radiopacas con densidad metálica.

Autor Figuras 14 a 16: Edgar Bernal, Grupo Nacional de Patología, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

## 2. Análisis diferencial y conclusión.

Elementos de juicio como (1) la ubicación topográfica del orificio de entrada (OE) y (2) la presencia de coloración negra en su tabla ósea externa y diploe fueron la base para construir la hipótesis que se trataba de un impacto a contacto firme o laxo y no un disparo a larga o media distancia producido en medio de un combate, como se explica a continuación:

1. La coloración negra está presente únicamente alrededor del OE y no en las demás pérdidas óseas presentes en base de cráneo.

La coloración negra presente en tabla externa y diploe del OE es compatible con un disparo a contacto firme, o eventualmente a contacto laxo y no de un disparo en medio de un combate, escenario que en circunstancias típicas presume disparos a distancias más o menos largas, o en casos poco usuales, como mínimo 1 a 2 m, pues no se trata de las antiguas luchas cuerpo a cuerpo. El contacto firme ocurre cuando el cañón se encuentra firmemente presionado sobre la superficie corporal. En este tipo de lesiones, los gases que propulsan el proyectil, pólvora, y gases vaporizados lo acompañan al ingreso, depositándose en los tejidos subyacentes como, por ejemplo, tejido celular subcutáneo, periostio, músculo o hueso, dependiendo de la región anatómica [8], [3]. Los márgenes de la lesión pueden presentar quemadura debido al fognazo inicial de la combustión y verse ennegrecidos por los residuos depositados; adicionalmente pueden observarse desgarros radiales a partir de los bordes de la lesión, causados por la elevada presión generada por los gases al ingresar junto con el proyectil, esto es particularmente más frecuente en regiones anatómicas donde el hueso se encuentra inmediatamente por debajo de los tejidos blandos, por ejemplo el cráneo (Figuras 17 y 18) o el esternón [8] e incluso en tabla interna de los orificios de entrada (Figura 18A).



Autor Figuras 17, 18 y 18A: Luis Carlos Salgado, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Bogotá.

2. La coloración verde, aunque no es prueba de disparo a contacto firme o laxo, es compatible con óxido de cobre proveniente de la cubierta del núcleo de un *full metal jacket*, que es un cartucho con un núcleo cubierto por un metal más duro, generalmente cobre, acero o cuproníquel. Dicho recubrimiento se conoce en la jerga forense como “encamisado” y suele envolver los núcleos de cartuchos de rifles de asalto y pistolas, es decir, en el presente caso la coloración verde es compatible con el óxido de residuos metálicos de un proyectil de una de estas dos armas. En cualquier caso, se descarta que la coloración verde sea resultado de óxido de acero en razón a que en las pocas ocasiones que este se oxida, su coloración tiende a ser de color naranja.

3. Otra evidencia que refuerza y que técnicamente confirma la hipótesis de disparo a contacto firme o laxo en el presente caso, es la misma ubicación topográfica del orificio de entrada, que requiere, para que el proyectil ingrese allí, la exposición de la región basal derecha del occipital, secundaria a una flexión completa (90 grados) de la cabeza, ya sea de

manera activa o pasiva. Adicionalmente y suponiendo que el tirador hubiese estado detrás de la víctima y el disparo hubiese ingresado por la región postero-lateral-superior del cuello, con la cabeza erguida, debido a las relaciones anatómicas de la base de cráneo y la columna, no habría habido el espacio necesario para que el paso del PAF no afectara ni la columna vertebral, ni la apófisis mastoides, manteniendo la misma trayectoria anatómica encontrada en el análisis del cráneo (postero-anterior, derecha-izquierda e infero-superior).

Con los elementos de juicio mencionados, la probabilidad que este traumatismo se hubiese producido en medio de un combate armado es prácticamente inexistente, pues según las versiones se trató de un combate tipo enfrentamiento y no emboscada, es decir, los combatientes de ambos bandos estaban en posición relativa frente a frente, lo que físicamente hace imposible, en primera medida, que el orificio de entrada tuviese la trayectoria postero-anterior. De otro lado y frente a un hipotético escenario en que la víctima hubiese efectivamente estado en posición de pie y de espaldas a los tiradores del bando contrario, quizás huyendo o cambiando a una posición más estratégica, se habría requerido, necesariamente, que hubiese existido una ostensible flexión/inclinación (hacia adelante) de la cabeza y, que el disparo hubiese sido hecho desde una posición superior o más elevada a la de la víctima. Este aspecto es altamente relevante en el contexto de la interpretación del presente caso, debido a que, según la información disponible de la investigación, es posible que se trate de un homicidio en persona protegida o una ejecución extrajudicial, dado que, en primer lugar, pertenecían a una población vulnerable (la investigación estableció que los dos individuos sometidos a necropsia eran habitantes de calle), en segundo lugar se confirmó que no hacían parte de ningún grupo armado y, en tercer lugar, se determinó que la escena fue alterada para hacerla parecer un escenario resultante de un enfrentamiento armado, contexto que puede corroborarse a partir del análisis de las lesiones traumáticas halladas, demostrando las inconsistencias de las versiones.

## E) CASO 5 TRAUMAS POSTCRANEALES ATÍPICOS POR IMPACTO DE PAF.

Se trata de uno de 25 cadáveres esquelizados procedente de sendas fosas clandestinas individuales encontradas en sector rural colombiano que, según versión de campesinos del sector, corresponden a cuerpos de guerrilleros fallecidos en combate hacia mediados de la década de 2000 y, posteriormente inhumados por sus compañeros. Quince años después de su inhumación los cuerpos son recuperados por autoridad competente que ordena necropsia medicolegal.

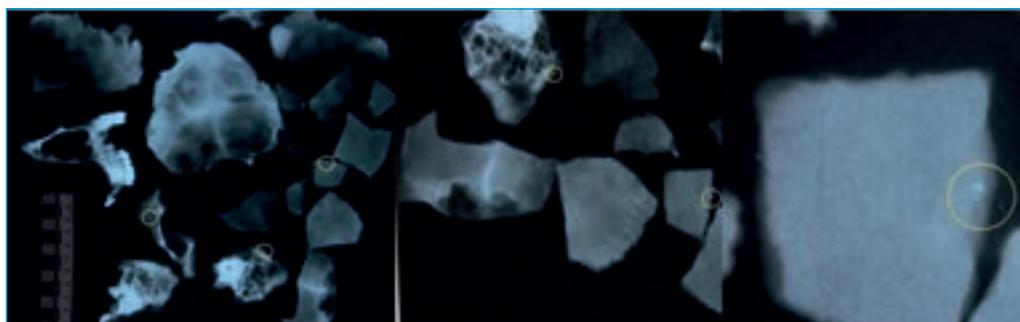
El presente caso corresponde a cuerpo esquelizado, masculino, con edad biológica entre 20 a 30 años, quien ingresa con algunas prendas de vestir tipo militar.

### 1. Hallazgos.

El cráneo presenta polifragmentación (Figura 19) asociada a impacto de PAF, los fragmentos craneales no fueron recuperados en su totalidad, lo que impidió encontrar OE u OS, sin embargo, el tipo de fragmentación y la presencia de imágenes radiopacas de densidad metálica en los Rx craneales, compatibles con esquirlas de núcleo de PAF (Figura 20, círculos), refuerzan la hipótesis de impacto de PAF.



**Figura 19.** Cadáver examinado con polifragmentación craneal por impacto de PAF. La flecha señala calcáneo derecho incompleto, dividido en dos fragmentos.



**Figura 20.** Rx de fragmentos craneales. Los círculos encierran imágenes radiopacas de densidad metálica.

La lesión atípica que nos ocupa en el presente caso está ubicada en el hueso calcáneo derecho, del cual se recuperan solo dos fragmentos (Figura 19, flecha y figuras 21 A, B, C y D) y cuya pérdida ósea y fragmentación eran de etiología inicialmente desconocida.



**Figura 21A.** Vista general de pie derecho, la flecha señala los dos fragmentos pegados de calcáneo que fueron recuperados.



**Figura 21B.** Dos fragmentos recuperados de calcáneo derecho.

Al pegar los dos fragmentos de calcáneo se observa la ausencia de porción posterior y la consecuente exposición de tejido trabecular (Figuras 21 C y D); los bordes óseos remanentes son agudos y de coloración oscura, el tejido trabecular expuesto también exhibe coloración negruzca. Las superficies que articulan a astrágalo presentan múltiples fracturas de bordes agudos.



Figura 21 C y D. Diferentes vistas de los dos fragmentos de calcáneo derecho recuperados, posterior a proceso de pegado.

La distribución topográfica, morfología y temporalidad, tipo *peri mortem*, tanto de la pérdida ósea, como de las fracturas asociadas, condujeron a formular la hipótesis que su etiología está asociada al paso de un núcleo de PAF o eventualmente a un fragmento metálico de artefacto explosivo.

Dicha hipótesis se vio confirmada luego de examinar la bota de caucho (derecha) con la que ingreso el cuerpo, allí se encontraron dos soluciones de continuidad casi imperceptibles: la primera con 11 mm de longitud, ubicada en región anterior derecha de la superficie plantar del tacón (Figuras 22 A y B), la segunda con 20 mm de longitud, ubicada en tercio inferior, cara medial de la caña de la misma bota (Figuras 22 C y D).



Figuras 22 A y B. La línea de color amarillo señala vista general y de detalle de la solución de continuidad en tacón de la bota, correspondiente a orificio de entrada de PAF. Figuras 22 C y D. La línea de color amarillo señala vista general y de detalle de la solución de continuidad en tercio medio, superficie medial de la media caña de la bota derecha, correspondiente a orificio de salida de PAF.

El buen estado de conservación de ambas botas y la ausencia de otros defectos similares, así como la morfología de los traumatismos presentes en calcáneo, conllevaron a generar la hipótesis que estas soluciones de continuidad no correspondían a efectos del uso cotidiano, sino que eran compatibles con los efectos del paso de un núcleo de PAF o un fragmento de metralla de artefacto explosivo.

## 2. Análisis y conclusión.

Acorde al análisis e interpretación de los elementos ya mencionados, la solución de continuidad ubicada en el tacón de la bota derecha (Figuras 22 A y B) corresponde al OE del núcleo de proyectil, o en su defecto a fragmento metálico de artefacto explosivo y la solución de continuidad ubicada en tercio inferior, cara medial de la caña de la bota derecha (Figuras 22 C y D) corresponde al OS.

Acorde a los citados orificios y a las pérdidas óseas de calcáneo derecho (Figura 23 A y B), la trayectoria del núcleo o fragmento metálico es ínfero-superior, antero-posterior (Figura 23 C), no es posible establecer con certeza la trayectoria en plano anatómico sagital.

Aunque no es objeto de la interpretación del presente caso respecto a la posición en la que la víctima recibió el impacto del PAF, se considera que solo hay dos opciones: (1) que el PAF haya sido impactado en el tacón de la bota mientras el individuo corría (pierna flexionada y tacón expuesto) y (2) que el PAF impacto mientras el individuo estaba en posición decúbito ventral, dorsal o lateral, exponiendo la superficie del tacón, ya sea por estrategia de combate, o porque ya había sido dado de baja.



Figura 23 A. Vista superior/medial de calcáneo, la zona posterior, de color amarillo claro, fue reconstruida con software de diseño Adobe Photoshop 20.0.4.  
Figuras 23 B y C. Reconstrucción de la trayectoria del proyectil.

Autor Figuras 19 a 23C: César Sanabria-Medina, Grupo de Investigación en Ciencias Forenses, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

## 2. BIBLIOGRAFÍA.

1. TIDBALL-BINZ M. (2011). Prólogo de texto. En: Kimmerle EH, Baraybar JP. Traumatismos óseos -lesiones ocasionadas por violaciones a los derechos humanos y conflictos armados-. Lima: SINCO Editores; 2011.
2. TIMPERMAN J, CNOPS L. (1975). Tandem bullet in the head in a case of suicide. *Med Sci Law*. 15:280-3.
3. DI MAIO, V. (1999). Gunshot wounds: practical aspects of firearms, ballistics and forensic techniques. Boca Raton - New York. CRC Press.
4. SANABRIA-MEDINA, C., COELLO, H. JE Y OSORIO, R. H. (2016). Traumatismos óseos por impacto de proyectil de arma de fuego. En Sanabria-Medina, C. (Ed.), *Patología y antropología forense de la muerte: la investigación científico-judicial de la muerte y la tortura, desde las fosas clandestinas, hasta la audiencia pública* (pp. 571-625). Bogotá D.C., Colombia. Forensic Publisher.
5. TSOKOS M, VOIGT Z, EHRLICH E. (2012). Atypical gunshot entry wound. *Forensic Sci Med Pathol* 8:460-2.
6. MIHAILOVIC Z, SAVIC S, ATANASIJEVIC T. (2007). Firearm suicide committed using an unusual combination of tandem missiles: a bullet, a nail, and a screw. *Am J Forensic Med Pathol*. 28:220-2.
7. RABL W, KATZGRABER F, KNEUBUEHL BP. (1999). Ballistic aspects of tandem-loaded cartridges of identical caliber. *Int J Legal Med*. 112:58-61.
8. ROTHSCCHILD, M.A. (2008). Wound ballistics and forensic medicine. En B.P. Kneubuehl (Ed), *Wound Ballistics* (p.p. 253 - 303), Berlin - Heidelberg: Springer.





El presente texto es el resultado del Curso celebrado en la Facultad de Medicina de Santiago de Compostela los días 19 y 20 de septiembre de 2019. Organizado por la Asociación Galega de Médicos Forenses, la Asociación Nacional de Médicos Forenses, la Sociedad Española de Patología Forense, el Instituto de Medicina Legal de Galicia y la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense. Con el apoyo de la Dirección Xeral de Xustiza de la Xunta de Galicia. El libro reúne las ponencias presentadas y algún texto no presentado en las ponencias. Pretende ser una actualización en español del estado actual de conocimiento sobre todo lo relacionado con las Ciencias Forenses y las Armas de Fuego.