

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

FACULTAD DE QUIMICA

HECHOS POR ARMA DE FUEGO:  
UN ENFOQUE QUIMICO FORENSE

TESINA TEORICA

FACULTAD DE  
QUIMICA



BIBLOTECA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA

MA. ANABELA CARDADOR MARTINEZ

MARZO 1991

No. Adq. 150676

No. Título \_\_\_\_\_

Clas. 363.2362

C266i

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

SECRETARÍA DE CULTURA

LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA



SECRETARÍA DE CULTURA

LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA

SECRETARÍA DE CULTURA

SECRETARÍA DE CULTURA

SECRETARÍA DE CULTURA

SECRETARÍA DE CULTURA

**A MIS PADRES :**

Juan y Petra

**A MIS HERMANOS :**

Marcela

Clara

Sara

Juan Manuel

**A MIS MAESTRAS :**

M.C. Elvira Ruiz

M.C. Gená Arceola

M.C. Soc. Alcocer

Q.B. Magaly A. O.

RECIBOS

POR

ARMA

DE

FUEGO

EN

ENFOQUE

QUIMICO

FORENSE

## PREFACIO.

Cuantas veces, por alguna razón, digamos por simple curiosidad, al tomar un periódico revisamos la sección policiaca, y los titulares que llaman nuestra atención muy comunmente son: 'Asalto a mano armada', 'Se encontró un cadáver con heridas por arma de fuego', 'Riña a balazos, varios heridos', etc., en todos ellos el denominador común son las armas de fuego, y en consecuencia las evidencias que le acompañan.

Veamos un caso en particular, que evidencias podemos tomar en cuenta, como las estudiaríamos y que conclusiones sacaríamos; al final, con este caso supuesto tendremos una idea de la importancia y del interés que despierta un hecho por arma de fuego.

### 'Asesinato a la media noche'

El día de ayer, cerca de la media noche, ocurrió un asesinato que fué reportado por las gentes del rumbo, que dijeron haber oído varios disparos, y después un carro que arrancaba a toda velocidad, al cabo de un tiempo se asomaron a la calle y vieron el cadáver de un hombre que presentaba varias heridas por arma de fuego.

La policía acudio de inmediato al lugar de los hechos, así como los peritos forenses. Se encontraron varios casquillos y un arma.

### 'Auto robado fue hallado abandonado'

Se encontró en un rumbo alejado de la ciudad un auto que presentaba huellas de haber recibido varios impactos de bala, y además presenta huellas de sangre.

### 'Sospechoso detenido por el asesinato de ayer'

Una persona sospechosa de haber cometido el asesinato de ayer fue detenida hoy por la tarde, esta persona presenta una herida probablemente por arma de fuego en el hombro izquierdo.

Veamos uno a uno los casos anteriores. En el primero tenemos varios elementos a estudiar, en primer lugar, en el cadáver veremos

las ropas, cuantos orificios presenta y también sus manos para verificar si hay residuos de pólvora, que indicarían que el también disparo. Por otra parte están los casquillos, en los que veremos el calibre, marca y otras características particulares, además de que podremos saber si el número de casquillos corresponde con el número de orificios presentes en el cadáver, la información que podríamos obtener del arma sería en primer lugar el calibre y su correspondencia con los casquillos. En el laboratorio los estudios serían, en la ropa, aplicar una técnica que nos permita inferir la distancia a la que se hizo el disparo y el ángulo de incidencia del mismo; en las muestras tomadas de la mano del cadáver aplicaríamos una técnica que nos permitiese identificar los residuos de pólvora de un disparo.

En el segundo caso: tenemos las huellas de disparos, en ellas también trataremos de identificar residuos de pólvora, y además tenemos huellas de sangre, que aunque no entran por el momento en nuestro estudio abocado en exclusiva a las armas de fuego y sus evidencias, también son muy importantes en la química forense. Dichas huellas de sangre nos indican que el agresor también fue herido y esto nos confirmaría los resultados obtenidos en el caso anterior sobre si el ahora occiso disparó un arma de fuego.

Por último, cuando tenemos al sospechoso, también le tomaremos muestras de sus manos para confirmar si disparo o no un arma.

La resolución del caso implica la cooperación de los peritos de todas las demás ciencias forenses como son, la criminalística, la medicina legal, la balística forense, el derecho penal y claro está la química forense.

La reconstrucción de los hechos es como sigue:

Dos personas probablemente discutían en la calle a altas horas de la noche, ambas portaban armas de fuego de diferente calibre, una de ellas comienza a disparar, hiriendo a la otra, la cual antes de morir, logra herir en el hombro izquierdo a su agresor, este al verse herido, y en el suelo a su víctima, huye en un carro, el ahora occiso aun alcanza a disparar pero solo alcanza a hacerlo sobre el carro. El victimario abandona despues este carro, dejándolo manchado de sangre. En el transcurso del día es capturado con un arma encima, que corresponde a los proyectiles que causaron la

muerte de la persona, de donde se infiere que el arma hallada en el lugar de los hechos pertenecía al difunto.

Un caso fácil.

## INDICE.

I. INTRODUCCION.....	1
II.LA QUIMICA FORENSE Y SU RELACION CON OTRAS CIENCIAS.....	4
III. BALISTICA INTERNA. ARMAS DE FUEGO.....	6
I. BALISTICA INTERNA.....	6
II.ARMAS DE FUEGO.....	6
1. Evolución histórica.....	6
2. Concepto.....	7
3. Clasificación.....	7
4. Pistola tipo revólver.....	8
4.1 Descripción.....	8
4.2 Funcionamiento.....	8
4.3 Clasificación.....	10
5. Pistola tipo escuadra.....	11
5.1 Descripción.....	11
5.2 CLasificación.....	11
5.3 Funcionamiento.....	12
6. Armas de cañón largo.....	13
7. Cartuchos.....	14
7.1 Concepto.....	14
7.2 Clasificación.....	14
7.3 Descripción.....	14
A. Casco,casquillo,vainilla o casquete.....	16
B. Proyectoil.....	16
C. Cápsula fulminante o estopín.....	18
D. Carga de proyección.....	21
IV. BALISTICA EXTERNA.....	29
V. BALISTICA DE EFECTOS.....	31
1. Introducción.....	31
2. Posible distancia a la que se hizo el disparo...31	
3. Orificio de entrada.....	34



4. Trayecto.....	36
5. Orificio de salida.....	37
6. Heridas causadas por armas de proyectiles múltiples.....	38

## VI. EL PAPEL DEL LABORATORIO DE QUIMICA EN UN HECHO

POR ARMA DE FUEGO.....	39
------------------------	----

1. Introduucción.....	39
2. Antecedentes históricos.....	39
A. Con relación a despejar la incógnita sobre la distancia a la que se hizo el disparo.....	39
B. Con relación a despejar la incógnita sobre quien hizo el disparo.....	40
3. Fundamentos generales de las técnicas empleadas en las resolución de los problemas planteados por un hecho por arma de fuego.....	41
4. Técnicas empleadas con mayor frecuencia en el laboratorio de química.....	43
A. Para determinar la distancia a la que se se hizo el disparo.....	43
1) Prueba de la parafina.....	43
2) Técnica del rodizonato de sodio.....	44
3) Técnica de Walker.....	44
4) Fotografía infrarroja.....	44
5) Rayos Grenz.....	45
B. Para determinar la mano de quién hizo el disparo.....	45
1) Prueba de la parafina.....	45
2) Prueba del rodizonato de sodio.....	45
3) Prueba de Harrison-Gilroy.....	46
4) Espectroscopía de absorción atómica y Espectroscopía de absorción atómica sin flama.....	46
5) Análisis por activación de neutrones.....	46
6) Microscopía electrónica de barrido con espectrometría de rayos X.....	47

VI. EXPLOSIVOS.....	48
---------------------	----

1. Cebos.....	49
2. Detonantes iniciadores.....	50
3. Propulsores.....	50
4. Ensayos de los explosivos.....	54
VII. GLOSARIO.....	55
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	56

**CAPITULO I**

**INTRODUCCION**

## I. INTRODUCCION.

Cuando ocurre un hecho por arma de fuego, se plantean dos cuestiones generales, a saber, una de orden reconstructivo y otra de orden identificativo; a las que los expertos en química y criminalística, deben dar solución aplicando diversos métodos y técnicas.

La solución de las cuestiones tendientes a la reconstrucción nos lleva al conocimiento de como sucedió el hecho. Por otro lado la solución de las cuestiones tendientes a la identificación nos permiten el señalamiento del arma o armas que en él se utilizaron, y de la mano que probablemente hizo el disparo.<sup>22</sup>

A. Dentro de las cuestiones identificativas tenemos:

1) Establecer la identidad de proyectiles y casquillos:

El principio que permite resolver esta cuestión es el siguiente: no hay manera de hacer dos artículos que aparezcan exactamente iguales vistos al microscopio.

En la manufactura de las armas de fuego, tenemos que las superficies de la recámara se cortan a máquina, pero el filo de la pieza cortante se achata en cada corte; y así, hay variaciones minúsculas en las marcas dejadas en la superficie. De manera semejante los percutores son cortados y reciben su forma con un método parecido. Por lo tanto, es evidente que la superficie de la recámara y el percutor de cada arma de fuego, tienen características microscópicas propias muy particulares. En lo que respecta a las estrias del ánima del cañón de las armas de fuego, éstas se tallan con ayuda de una herramienta mecánica que en términos generales consiste en una especie de taladro cuya anchura corresponde con la de la estria; para tallarla, se hace pasar varias veces siguiendo el trazo espiral a lo largo del cañón.

De lo expresado anteriormente se deduce que sólo los proyectiles y casquillos, disparados por una misma arma de fuego presentan idénticas características tanto genéricas como particulares.

2) Establecer cuál fue la mano que disparó el arma de fuego.

El principio que permite dar solución a esta cuestión está basado en el hecho de que cuando se dispara un arma de fuego, la mano que lo hizo puede resultar maculada con gases, derivados nitrados, bario, plomo y antimonio, los cuales pueden ser identificados mediante procedimientos físico-químicos.

B. En las cuestiones de orden reconstructivo están:

1) Establecer la distancia del disparo.

Cuando se dispara un arma de fuego sobre un objeto próximo, éste puede resultar maculado con derivados nitrados, plomo y otros compuestos, los cuales pueden ser identificados mediante procedimientos físico-químicos.

2) Establecer la posición en que se hallaban el agresor y el agredido.

El principio y fundamento que permite resolver esta cuestión es el siguiente: la correspondencia significativa que fundamentalmente existe entre el punto desde el cual se hace el disparo, la forma en que incide el proyectil sobre la piel, el trayecto del proyectil en el interior del cuerpo y el punto final de impacto del mismo, en caso de que atravesase el cuerpo del lesionado.

a) Datos que permiten establecer el punto desde el cual se hizo el disparo. Es de ayuda para tratar de resolver este problema el conocimiento de la situación de los casquillos en el lugar de los hechos.

b) Forma en que incide el proyectil. La forma de incidencia del proyectil, de la que se infiere la dirección del disparo, se determina por las características del orificio de entrada, así como por los resultados en las pruebas referidas en el inciso 1) de este mismo apartado.

c) Trayecto del proyectil. El trayecto del proyectil señala el camino recorrido por éste a través del cuerpo.

d) Punto final de impacto. El conocimiento del punto final de impacto del proyectil es de suma importancia, pues de lo contrario se carece de elementos suficientes para determinar (al menos aproximadamente) la trayectoria total.

En conclusión, se infiere que las cuestiones anteriormente expuestas caen en los campos de estudio de la balística forense en sus diferentes ramas, a saber; balística interna, externa y de efectos, de la medicina legal, de la criminalística y de la química forense, por lo tanto es necesario tener elementos básicos de cada una de estas ciencias, para, en primer lugar comprender la problemática planteada por el disparo de un arma de fuego, y en segundo lugar para encontrar una solución a la misma.

**CAPITULO II**

**LA QUIMICA FORENSE Y SU RELACION  
CON OTRAS CIENCIAS FORENSES**

## II. LA QUIMICA FORENSE Y SU RELACION CON OTRAS CIENCIAS FORENSES.

En la problemática planteada por el disparo de un arma de fuego, la química forense tiene un papel muy importante, se encarga del estudio por métodos químicos, físicos, o ambos de las evidencias dejadas en un hecho de este tipo.

En general, las evidencias que pueden recogerse en un hecho por arma de fuego son proyectiles, casquillos, ropas, residuos de pólvora tanto en ropas, objetos y manos del sospechoso, y las armas de fuego empleadas con probabilidad. Ahora bien, consideremos separadamente estas evidencias y nos daremos cuenta de que para tener una comprensión general del hecho en sí, nos hacen falta conocimientos básicos de las demás ciencias forenses.

Por ejemplo, consideremos las armas, los proyectiles y los casquillos, aunque cada uno en sí comprende un estudio por separado, en estos de su composición química y en aquella de los residuos de pólvora que pudiese tener, podemos complementar el estudio con una identificación de las huellas dejadas en los proyectiles y casquillo por el arma de fuego, y en el arma misma podemos estudiar sus características muy particulares, con esto caemos en el campo de estudio de la balística forense, que en sus tres ramas abarca diversos aspectos del caso que nos ocupa, a saber, la balística interna, que nos habla sobre las armas de fuego, sus características y su funcionamiento, la balística externa, que estudia los factores que afectan al proyectil una vez ha salido del arma, y la balística de efectos, que se encarga del estudio de, como su nombre lo indica, los efectos producidos en el cuerpo, aquí entra en juego otra de las ciencias forenses, la medicina legal.

Por otra parte, si estudiamos las ropas, los residuos de pólvora dejados en ella, y los residuos de pólvora en las manos del sospechoso, sacaremos en conclusión, la distancia a la que se hizo el disparo con cierta aproximación, a la vez que la dirección del mismo y en consecuencia la posición del agresor y el agredido, esto es una reconstrucción de los hechos, cuando esto sucede, estamos ya en el campo de acción de la criminalística que se encarga de estudiar como suceden los hechos.



Una de las tareas del químico forense, es rendir su informe ya sea por escrito, y en ocasiones ante un juzgado, esto implica conocer los principios básicos del derecho penal.

Hasta aquí se han mencionado ya varias de las ciencias forenses, con ello nos damos una idea de que la química forense no es un estudio aislado, sino que se compenetra y se complementa con las demás ciencias, sin las cuales no se tendría una comprensión cabal ya no solo de un hecho por arma de fuego, sino que habría que incluir todos y cada uno de los problemas que se presentan en el ejercicio de la química forense.

CAPITULO III

BALISTICA INTERNA

ARMAS DE FUEGO

### III. BALISTICA INTERNA. ARMAS DE FUEGO.

#### I. BALISTICA INTERNA.

La balística interna estudia los efectos que se producen dentro del cañón del arma de fuego, hasta la salida del proyectil. Se ocupa del estudio de todos los fenómenos que ocurren desde que la aguja percutora golpea el fulminante del proyectil hasta que éste sale por la boca del cañón del arma de fuego.<sup>18,29</sup>

#### II. ARMAS DE FUEGO.

##### 1. Evolución histórica.

Las primeras pistolas aparecieron en el siglo XVI, al comenzar a difundirse las llaves de rueda. Es posible que existieran algunas anteriores con llave de mecha. Füler afirma que 1523 es la fecha de nacimiento de esta arma.<sup>11,90,92</sup>

En 1836 apareció en las armerías de E.E.U.U., el primer revólver producido por Samuel Colt. Colt fué el primero en fabricar un arma corta en serie, con el encendido por cápsula. Los sucesivos modelos de Colt se cargaban manualmente introduciendo la pólvora y la bala por delante del tambor y colocando el pistón por detrás. Análogo sistema seguían los otros revólveres estadounidenses de aquel tiempo: Remington, Le Mat, y el británico Adams.

En 1835 el francés Lefauchaux había producido el cartucho metálico de espiga. En el sistema Lefauchaux el martillo del percutor golpeaba el cartucho sobre una espiga que sobresalía lateralmente. El segundo cartucho metálico que apareció en el mercado fué el llamado de percusión anular o rimfire. Se atribuye a Flobert y a Smith y Wesson. A partir de la década de 1840 este sistema fué introduciéndose en muchos revólveres utilizados en los E.E.U.U.<sup>92</sup>

El cartucho de ignición central apareció en la década de 1850 y a él fueron transformadas todas las armas existentes. Desde el colt 1873, de ignición central, el arma del legendario oeste americano, los revólveres alcanzaron su máxima perfección, sin variaciones

notables en sus características hoy día. <sup>32</sup>

En 1893 apareció en las armerías un tipo de pistola completamente revolucionaria: la automática de Hugo Borchardt, George Luger colega de Borchardt, perfeccionó el sistema de éste, y en 1900 lanzaba la que habría de ser la más conocida de las pistolas automáticas, que lleva su nombre. Por las mismas fechas un mormón estadounidense John Moses Browning, sacaba su primer modelo, fabricado por la F.N. de Bélgica. <sup>11,22</sup>

Las armas de Luger y Browning alcanzaron su perfeccionamiento en 1908 y 1912, respectivamente, y puede asegurarse que desde entonces, pocas variaciones ha habido, como no sea en la aplicación de nuevos materiales y aleaciones ligeras y nuevos proyectiles de mejores condiciones balísticas. <sup>11,22,22</sup>

## 2. Concepto.

Las armas de fuego son instrumentos de dimensiones diversas, destinados a lanzar violentamente ciertos proyectiles, aprovechando la fuerza expansiva de los gases producidos en la deflagración de la pólvora. <sup>24</sup>

## 3. Clasificación.

### A. Según la longitud del cañón.

- 1) Armas de fuego cortas. Comprenden las siguientes variedades: revolveres, pistolas automáticas y pistolas ametralladoras.
- 2) Armas de fuego largas: Comprenden las siguientes variedades: escopetas de caza, fusiles, carabinas, fusiles ametralladoras y subfusil o metralleta. <sup>22</sup>

### B. Según el tipo de ánima.

- 1) De ánima lisa, a saber, escopeta.
- 2) De ánima rayada, a saber, revólveres, pistolas, metralletas, fusiles, etc. Caracterizan a este tipo de armas los surcos y eminencias helicoidales que tienen dibujadas en el anima del cañón. Los surcos se denominan estrías y las prominencias helicoidales, campos o mesetas.

C. Según la carga que disparan.

- 1) Armas de proyectil único.
- 2) Armas de proyectiles múltiples.<sup>22</sup>

D. Según la forma de cargarlas.

- 1) Armas de antecarga o de cargar por la boca.
- 2) Armas de retrocarga.<sup>22</sup>

E. Clasificación general.

- 1) Armas de cañón largo:
  - De proyectil único (fusil, carabina) y cañón con estrías.
  - De proyectiles múltiples (escopeta) y cañón liso.
- 2) Armas de cañón corto:
  - Pistola revólver.
  - Pistola escuadra automática o semiautomática.

4. Pistola tipo revólver.

4.1 Descripción.

Es un arma de cañón corto y de proyectil único que está compuesta por:

- 1) Cañón.
- 2) un cilindro con alveolos para ubicar la carga, que gira juntamente con la acción del disparador.
- 3) un mecanismo de percusión.
- 4) una armadura que sirve de sostén a todas las piezas. (Fig. 1)

4.2 Funcionamiento.

a) Cañón.

El cañón, que lleva la mira y el guión, puede estar adherido o articulado a la armadura. Su longitud varía según la marca y modelo del arma. Presenta en su interior anchas rayas helicoidales que cuando se produce un disparo imprimen a la bala un movimiento rotatorio de izquierda a derecha, generalmente, calculado para que en una distancia de un metro el proyectil dé una o dos vueltas completas sobre su eje longitudinal.<sup>22</sup>

El rayado consiste en surcos denominados estrías, y prominencias helicoidales llamadas campos o mesetas. La distancia en que una arista de una estría vuelve a la misma recta en la pared del ánima, paralela al eje longitudinal de la misma de ésta ánima, se llama: Largo del rayado. El ángulo que forma esta recta con la espira, se denomina ángulo de rayado.

La dirección de las estrías puede ser de izquierda a derecha o a la inversa, según la fábrica que produce el arma. En el primer caso, se dice que el rayado es en sentido dextrorsum, en el segundo sinistrorsum.

El cañón de cada pistola tiene sus propias peculiaridades, que dejan marcas o huellas en la bala al dispararla. Un cañón se fabrica de una barra de acero en la cual se hace una perforación longitudinal, aproximadamente del diámetro deseado. Se obtiene una perforación que se rectifica mediante escariado. Durante la perforación, escariado y corte quedan en el cañón marcas características pues la herramienta cortante, aunque es de acero especialmente endurecido, porque el material que perfora es también muy duro, y las frecuentes afiladas que se hacen necesarias alteran las características de la superficie cortante; además, al cortar, quedan diminutas partículas de acero adheridas debajo del filo, las cuales forman muescas, y éstas dejan marcas características en el cañón.

#### b) Tambor o cilindro.

En el tambor o cilindro se alojan de 1 a 9 cartuchos, aunque por lo común tiene 5 ó 6 alveolos. El cilindro gira generalmente de izquierda a derecha, desplazándose un lugar con cada presión del disparador.

La carga y descarga se realiza mediante el sistema de la nuez con desplazamiento lateral izquierdo. Accionando el pestillo sale el cilindro y permite la carga. La descarga se efectúa empujando la vainilla del expulsor. En otro tipo de revólver se quiebra el arma por el centro, quedando separados la empuñadura y el cañón. En el momento de quebrarse o abrirse el arma, un resorte hace funcionar el expulsor.

#### c) Mecanismo de percusión.

El martillo y el disparador constituyen principalmente el sistema

f) Sistema de percusión. El martillo y la aguja percutora constituyen el sistema de percusión, el cual funciona de la siguiente manera, al accionar el disparador, el martillo cae sobre la aguja percutora, la que al picar la cápsula del cartucho, produce el disparo.<sup>22</sup>

### 5.2 Clasificación.

Las pistolas escuadra se pueden dividir en:

- 1) No automáticas.
- 2) Semiautomáticas.
- 3) Automáticas.

La diferencia entre las pistolas automáticas y las semiautomáticas consiste en que con las primeras se pueden disparar ráfagas de proyectiles mientras se comprime el disparador.<sup>22</sup>

### 5.3 Funcionamiento de una pistola tipo escuadra.

Las pistolas escuadra, semiautomáticas o automáticas tienen un cargador en la empuñadura con un resorte elevador, que al llevar el carro de la pistola de atrás a adelante introducen el cartucho en la recámara para ser disparado. También con este tipo de armas se pueden hacer varios disparos sin tener que volver a abastecer y en mayor número ya que la capacidad del cargador puede ser de 9 a 15 cartuchos y aun más en casos especiales; y además, el abastecimiento, al agotarse la carga, es más fácil que en el revólver, en el cual para cargar el cilindro hay que meter uno por uno los cartuchos, en cambio en la escuadra es suficiente el cambio de cargador por otro previamente preparado. Así mismo el mecanismo de expulsión de los casquillos en estas pistolas si es automático; los gases producidos por cada disparo llevan el carro de la pistola hacia atrás; el expulsor, un pequeño gancho situado en la parte posterior de la ventana de eyección del arma, haciendo presión sobre la ceja del casco, lo lanza afuera de la ventana mencionada y al propio tiempo el resorte elevador o eyector lleva un nuevo cartucho a la recámara dejando de esta manera el arma lista para disparar nuevamente.<sup>30</sup>

En resumen, en un arma automática por si sola y hecho el primer disparo, se garantizan tres funciones en ella, o sea: expulsar el casco, introducir un nuevo cartucho en la recámara y disparar. Por

medio de un dispositivo especial y con una presión permanente sobre el gatillo los disparos se pueden suceder sin interrupción, como acontece en las pistolas llamadas de ráfaga o también en las metralletas.<sup>30</sup>

#### 6. Armas de cañón largo.

En general las armas de cañón largo son de ánima lisa. Aparte de las antiguas, la mayor parte de las armas de ánima lisa son escopetas de perdigón, que utilizan cartuchos de cartón o plástico cerrados por un extremo por una tapa de percusión de metal y por el otro con un tapón de cartón. Estan llenos de pólvora y llevan una carga de bolitas de plomo.

Aunque hay fusiles automáticos y de repetición, los más son de un cañón o dos, con un cartucho para cada cañón; habitualmente los cañones están sujetos con bisagras a la culata y los cartuchos se alojan en la recámara y son expulsados a mano después del disparo. Uno o ambos cañones pueden quedar estrangulados en el extremo de la boca (reducidos para ofrecer una forma más estrecha de tiro); cuando se disparan, las bolitas de plomo abandonan la escopeta en forma de masa, pero se separan y se extienden al llegar a cierta distancia. Como en el caso de otras armas de fuego, la recámara y el percutor de una escopeta dejan su marca en el cartucho quemado. (Fig. 3)<sup>20</sup>

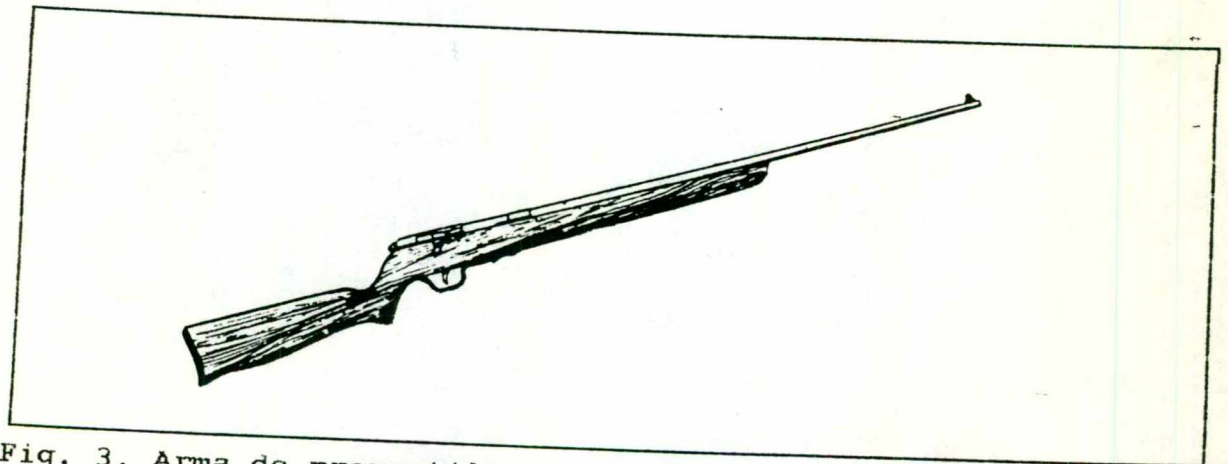


Fig. 3. Arma de proyectiles múltiples.



## 7. Cartuchos.

### 7.1 Concepto.

Se entiende por cartucho la pieza completa con que se carga toda arma de fuego. (Fig. 4)<sup>22</sup>

### 7.2 Clasificación.

#### A. Según el número de proyectiles.

- 1) Cartuchos de proyectiles múltiples.
- 2) Cartuchos de proyectil único. (Fig 5)

#### B. Según el sistema de percusión.

- 1) Cartuchos de percusión central, son aquellos con el fulminante ubicado en el centro del culote o vaina.
- 2) Cartuchos de percusión periférica o anular, son aquellos en los que la sustancia fulminante está ubicada en la periferia del culote.
- 3) Cartuchos de percusión lateral: están caracterizados por poseer una pieza o pivote en la porción lateral de las vaina próxima al culote. (Fig. 6)<sup>18</sup>

#### C. Según tengan o no borde.

- 1) Cartuchos con borde. La mayor parte de los cartuchos con borde se destinan a escopetas o revólveres; el borde está destinado a encajar en torno de la base del cilindro o cono de la recámara para impedir que el casquillo se deslice a través de éste.
- 2) Cartucho con semiborde, se utiliza en ciertas pistolas de carga semiautomática.
- 3) Cartucho con semiborde, estos en vez de borde presentan una ranura que corre en torno de la circunferencia de la base y da sujeción al eyector sobre el casquillo usado. Se emplean en las pistolas automáticas. (Fig. 7)<sup>30</sup>

### 7.3 Descripción.

Fundamentalmente consta de casco o casquillo, bala o proyectil, cápsula fulminante o estopin, y carga de proyección. (Fig. 8)

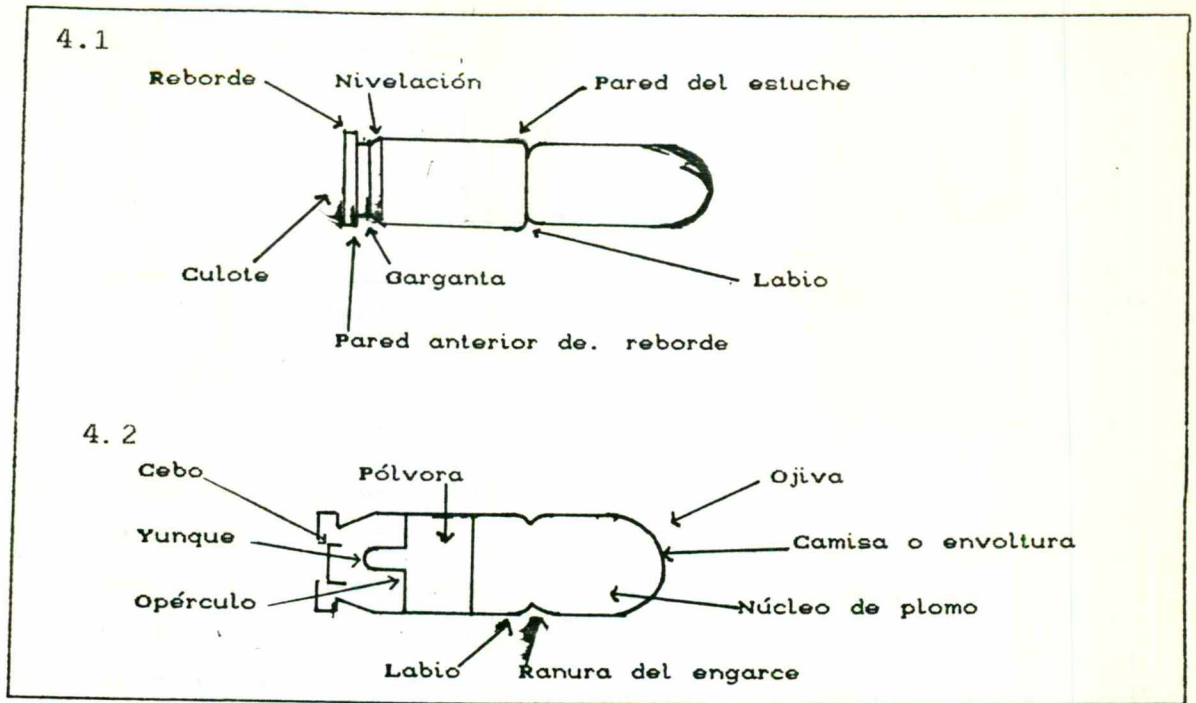


Fig. 4: 4.1 Cartucho, 4.2 Cartucho, vista en corte

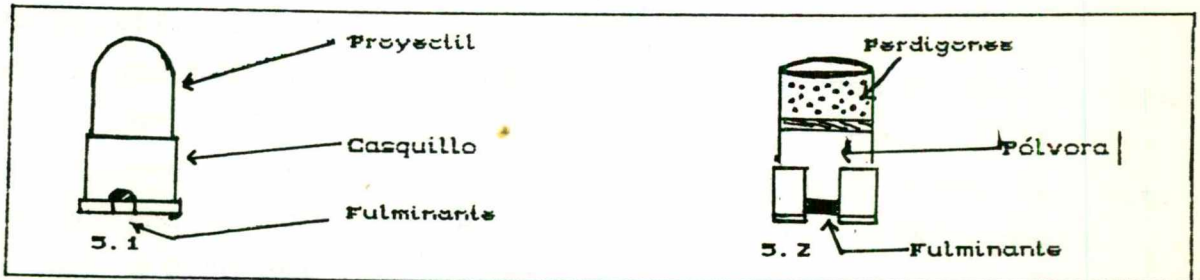


Fig. 5: 5.1 Cartucho de proyectil único  
5.2 Cartucho de proyectiles múltiples

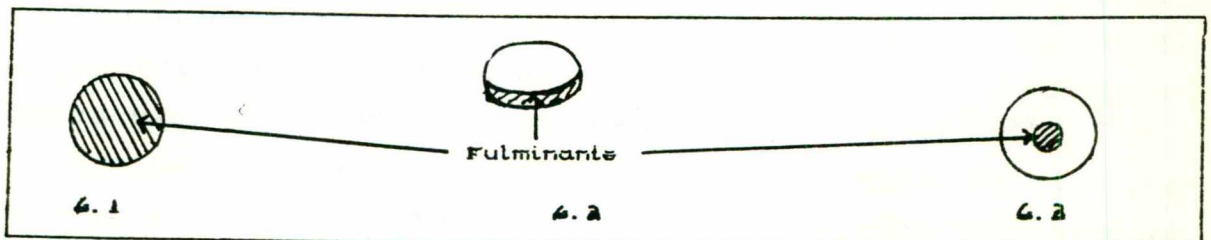
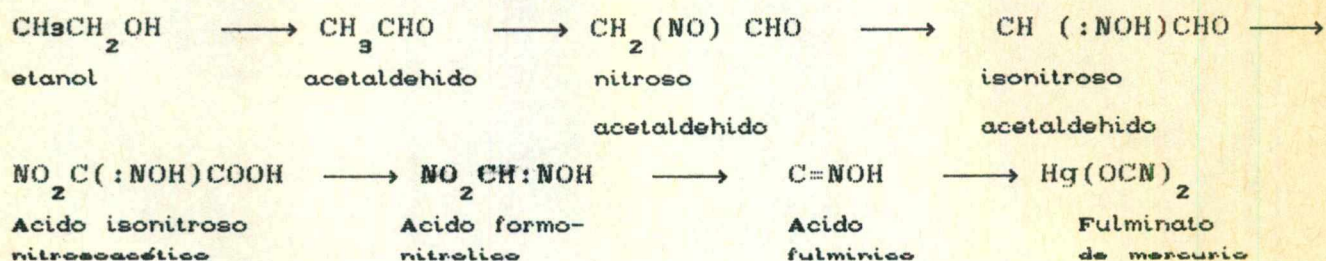


Fig. 6: 6.1 Cartucho de percusión periférica  
6.2 Cartucho de percusión lateral  
6.3 Cartucho de percusión central

Fue preparado por primera vez por Johann Kunckel von Lowentern (1630-1703); pero fue Howard el primero que descubrió detalladamente, en 1800, su preparación y sus propiedades. Sin embargo, hasta el año 1854, en que lo utilizó Nobel para asegurar la explosión de la nitroglicerina, no se usó para iniciar la detonación de otro explosivo. <sup>12,14</sup>

Aunque puede prepararse partiendo de acetaldehído o nitrometano el fulminato de mercurio se obtiene, por lo general, haciendo reaccionar mercurio, alcohol etílico y ácido nítrico. Los productos intermedios de las reacciones de oxidación y nitración que intervienen son los siguientes:



El fulminato de mercurio se presenta en forma de agujas, suaves al tacto, algo amarillentas y venenosas. Densidad 4.42. Poco solubles en agua. Punto de explosión a 180 C. La percusión, la fricción o el contacto con un cuerpo incandescente provocan su detonación. Si se le adiciona agua, disminuye su sensibilidad, con un 30% es ya insensible a la agresión mecánica.

En presencia del agua descompone lentamente al cobre de las vainas, sustituyendo al mercurio, forma fulminato cúprico. Las fuertes presiones lo insensibilizan, como ocurre con todos los explosivos. <sup>12</sup>

b) Fulminato de plata.  $\text{Ag}_2(\text{OCN})_2$ .

Este fulminato tiene poca importancia comercial por ser más caro y más sensible que el fulminato de mercurio.

Se prepara disolviendo una parte de plata fina en 10 partes de ácido nítrico (densidad 1.36), en calor moderado. Se añade la solución a 20 partes de alcohol etílico (de 85 a 90 %) y se calienta el líquido. En cuanto empieza a hervir se retira del fuego y se deja enfriar. El fulminato de plata cristaliza así en agujas blancas muy finas, que se mezclan con un poco de agua y se secan muy bien al aire.

El fulminato de plata es un iniciador de detonaciones mucho más eficaz que el fulminato de mercurio y tiene esencialmente la misma potencia rompedora que éste.<sup>12,14</sup>

c) Antimonio fulminante.

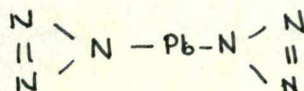
Se prepara mezclando tártaro emético seco (tartrato de antimonio y potasio) (100 partes) y carbón en polvo (3 partes), se calienta la mezcla y al enfriar se convierte espontáneamente en polvo.<sup>12,14</sup>

d) Nitruro de plomo o azida de plomo.  $Pb(N_3)_2$

El ácido hidrazoico y sus sales de plomo, de plata y de mercurio fueron preparados por primera vez por Curtis en 1890 y 1891. Tal como se prepara de ordinario, la sal de plomo consiste en cristales aciculares, pero también existe una forma ortorrómbica ( $\alpha$ ), con densidad absoluta de 4.71, y una forma monoclinica ( $\beta$ ) con densidad de 4.93. La forma  $\beta$  es mucho más sensible y las dos formas se diferencian por la rapidez con que se descomponen cuando se calientan.

Los esfuerzos encaminados a producir azida de plomo cristalina para usos militares y comerciales empezaron en 1893, pero dieron como resultado explosiones desastrosas. La fabricación de este material siguió haciéndose solamente en Francia y Suiza. Después fue adoptado en Inglaterra. Desde la primera Guerra Mundial en Alemania y desde el año 1931 en los Estados Unidos, se ha venido produciendo una forma de azida de plomo amorfa que consiste en agragados redondeados que contienen un aglutinante. Esta forma, conocida con el nombre de azida de plomo dextrinada, tiene la siguiente composición aproximada: azida de plomo, 93%; hidróxido de plomo, 4%; dextrina e impurezas, 3%.

El nitruro de plomo es más eficaz como iniciador que el fulminato de mercurio. Se emplea en cápsulas o cebos de aluminio, solo o con otras sales de plomo. Es blanco, cristalino e insoluble en agua fría. Su estructura es:



Su sensibilidad es variable con el tamaño de cristales, de una forma más ostensible que en cualquier otro explosivo. No es higroscópico y detona hasta con un 50% de agua.

La azida de plomo es menos sensible al choque y al calor que el fulminato de mercurio. Esta menor sensibilidad comparada con las del fulminato de mercurio limita un tanto las aplicaciones de la azida de plomo y en algunos casos obligan a mezclarla con un material más fácilmente inflamable, como el estifnato de plomo.<sup>12</sup>

e) Azida de plata.  $\text{AgN}_2$

El producto consiste en agregados amorfos finos de tamaño muy variable. Este material tiene el mismo orden de sensibilidad al choque que la azida de plomo cristalina, pero es mucho más sensible al calor. Calentada a 251 C se funde y se descompone en plata y nitrógeno; pero si se calienta bruscamente a temperatura un poco más alta, detona.<sup>12</sup>

f) Estifnato de plomo. 2,4,6-trinitroresorcinato de plomo.

Es un agente iniciador relativamente malo, pero debido a la facilidad con que se inflama se usa algo como cobertura para la azida de plomo y como ingrediente en cebos.

El estifnato de plomo normal se presenta en cristales rómbicos finamente divididos, de color anaranjado claro o rojizo; cristaliza con media molécula de agua de cristalización.

Cuando se pone en contacto con una llama o recibe un choque, el estifnato de plomo hace explosión con fuerte estampido. El estifnato de plomo es menos sensible al choque y al rozamiento que el fulminato de mercurio o la azida de plomo amorfa, pero es más sensible al calor que esta azida.<sup>12</sup>

D. Carga de proyección.

Fundamentalmente está compuesta de pólvora. En virtud de estar en contacto con la parte abierta de la cápsula fulminante, al producirse la explosión recibe directamente el fuego.

a) Pólvora negra.

La primera pólvora propulsora fué la pólvora negra hecha con nitrato de potasio, azufre y carbón vegetal. Hasta el final del siglo XVI se usó en forma de un polvo fino: pero debido a las dificultades con que se tropezaba para cargar por la boca la pólvora

en esta forma, se resolvió granularla en pequeños granos que permitieran, hasta cierto punto, regular la velocidad de combustión. El primer perfeccionamiento notable en las cualidades de la pólvora negra ocurrió en 1860, cuando el general Rodman, del ejército de los Estados Unidos, descubrió el principio de que podría regularse la rapidez con que se libera la energía dando forma y densidad convenientes al grano de pólvora. Para ello la pólvora finamente dividida fué comprimida en granos de forma geométrica definida. Haciendo un grano con un agujero en el centro el general Rodman pudo contrarrestar el curso regresivo de la combustión de un grano macizo. Este adelanto en el arte de la fabricación de la pólvora tuvo considerable importancia, ya que permitió el uso de armas más ligeras por la posibilidad de que el fabricante proporcionara pólvoras que dieran bajas presiones durante tiempos largos en lugar de presiones elevadas en un tiempo corto. Aunque la pólvora negra fué el único propulsor durante varios siglos, su uso dejaba mucho que desear, ya que en las armas de esas épocas ensuciaba mucho la pieza, suciedad que iba acompañada por una corrosión excesiva. Esto hacía necesario limpiar con frecuencia el arma y reemplazarla por completo al cabo de cierto tiempo. La pólvora negra es muy higroscópica y exige un cuidado extraordinario en su manejo para mantenerla seca y utilizarla. Para los fines militares, poseía el inconveniente de producir gran cantidad de humo y en algunos casos brillantes fogonazos; estos revelaban el emplazamiento del arma al enemigo.<sup>12</sup>

#### Composición química de la pólvora negra.

La pólvora negra es una mezcla de nitrato potásico, carbón vegetal y azufre, en las proporciones variables entre los límites:<sup>2,12</sup>

60 - 78 %	Nitrato potásico
10 - 18.5%	Azufre
12 - 12.5 %	Carbón

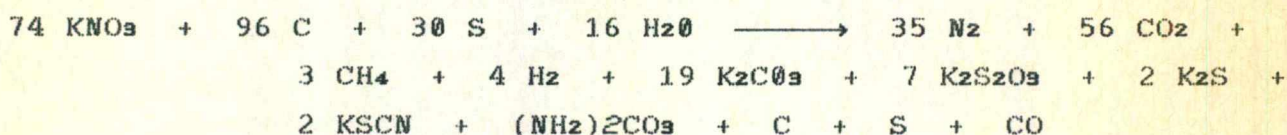
La pólvora negra se conocía hace por lo menos 700 años, y probablemente mucho más. Se usó primero en pirotecnia y para efectos incendiarios y de demolición, y hasta que se inventó la primer arma de fuego no se reconoció su utilidad como propulsor. Con el uso de las armas de fuego, la pólvora negra se convirtió en el explosivo

universal. Inflamada con una antorcha o con la chispa producida por un pedernal una carga suelta de pólvora negra puesta encima del oído o en la cazoleta servía de cebo. Esta carga de pólvora negra obraba como una mecha para propagar la inflamación hasta la carga propulsora de pólvora negra colocada en el tubo del fusil o del cañón. <sup>12,20</sup>

### Propiedades

La rapidez de combustión de la pólvora negra depende de su composición, el grado de incorporación, la densidad y el grado de encerramiento. El aumento en el porcentaje de nitrato a expensas del carbón vegetal hace que disminuya la rapidez de combustión. Un cambio pequeño en el contenido de azufre no afecta a la velocidad de combustión, pero un contenido de humedad en exceso de 0.2% hace que disminuya. El tipo de carbón influye notablemente en la rapidez de combustión. Las pólvoras hechas con carbón de sauce o de aliso arden mucho más rápidamente que los hechos con carbón de encino. Las pólvoras hechas mezclando simplemente los ingredientes, arden con mucha menos rapidez que las pólvoras incorporadas y aumenta la rapidez a medida que aumenta el grado de incorporación.

La combustión de la pólvora negra se supone que corresponde a la siguiente ecuación empírica aproximada:



La combustión libera aproximadamente 680 kilocalorías por kilogramo y se forman 600 gramos de sólidos y 278 litros de gas, con una composición aproximada de : 50 % de dióxido de carbono, 10 % de monóxido de carbono; 35 % de nitrógeno, 3% de sulfuro de hidrógeno y huellas de metano y oxígeno. <sup>12,20</sup>

### Usos de la pólvora negra.

La composición normal a base de nitrato de potasio se utiliza para fines de inflamación en las municiones militares. La pólvora se granula hasta que pasa por el tamiz número 4 y es retenido por el tamiz número 8. Se carga en un saco de tela unido a la base de una carga de pólvora sin humo o bien se carga en una cápsula metálica

tubular, con perforaciones en las paredes, que está engastada en la carga de pólvora sin humo. En algunos casos se comprime la pólvora negra en forma de píldoras o pastillas antes de cargarla en las cápsulas de cebo.

La presencia de gran número de partículas sólidas finamente divididas, incandescentes, en los productos de explosión de la pólvora negra hace que sea un agente eficiente para la inflamación de las pólvoras sin humo. Se ha visto, por experiencia, que la pólvora negra es más eficaz para inflamar las pólvoras sin humo, que las mismas pólvoras sin humo combustibles. A pesar de la mayor cantidad de calor y del mayor volumen de gases que produce la pólvora sin humo; esta superioridad de la pólvora negra, puede atribuirse, en parte, al hecho de que la temperatura máxima desarrollada por la pólvora negra es algo mayor que la correspondiente a la pólvora sin humo.<sup>12</sup>

#### b) Pólvoras sin humo.

A consecuencia de los inconvenientes de la pólvora negra, se hicieron trabajos continuos encaminados a perfeccionarla. En el año 1838 Pelouze observó la acción del ácido nítrico sobre el algodón y el papel y descubrió la nitrocelulosa, que es la base de todas las pólvoras modernas.

En 1846, Schonbein, químico suizo, ideó métodos para la fabricación de nitrocelulosa, en los cuales consiguió interesar a varios gobiernos europeos. En el curso de las investigaciones ocurrieron explosiones desastrosas en varias fábricas, ya que todavía se conocía muy poco las propiedades químicas de la nitrocelulosa. La primera sustitución afortunada de la pólvora negra la hizo el mayor Schultze, del ejército prusiano. Las pólvoras de Schultze consistían en nitrocelulosa mezclada con nitrito de sodio o de potasio. Ardían con demasiada rapidez y no eran enteramente apropiadas para las armas rayadas. En 1884, el ingeniero francés Paul Vieille descubrió que la nitrocelulosa incorporada a una mezcla alcohol y éter podía amasarse y producir una masa coloide, que a su vez podía laminarse en hojas delgadas para cortarlas en pequeños cuadrados que se secaban. Esta fué la primera pólvora sin humo llamada ``pólvora B``, en honor del general Boulanger. Durante los años 1888 y 1889, Nobel mezcló nitrocelulosa con nitroglicerina y



obtuvo pólvora de los tipos balistita y cordita.<sup>12</sup>

Hoy, todas las naciones emplean pólvoras sin humo modernas, formadas principalmente por nitrocelulosa coloidizada, sola o en mezcla con nitroglicerina y otros materiales, lo mismo para la caza que para fines militares. Estas pólvoras al inflamarse arden sólo en la superficie, y la velocidad de liberación de energía se regula exactamente, por lo que la formulación puede satisfacer los requisitos de una buena serie de armas, con la sola variación de la forma geométrica y el tamaño de los granos. Estos productos, aunque se llaman pólvoras sin humo, sólo merecen esta calificación por comparación con la pólvora negra.

Las pólvoras modernas se fabrican en copos, escamas, tiras, pastillas y cilindros.

Pólvoras de una sola base parcialmente coloidizadas.

Estas pólvoras propulsoras parcialmente coloidizadas se llaman a menudo pólvoras Schultze (por el nombre del descubridor) y pólvoras E.C. (de la Explosives Company) la compañía inglesa que fué una de las primeras que las fabricó. Este tipo de pólvora arde con extremada rapidez debido a la nitrocelulosa no coloidizada, y por la misma razón es más sensible al rozamiento que los tipos de pólvora mas coloidizadas. Debido a los nitratos de potasio y bario y a la nitrocelulosa no coloidizada, estas pólvoras son muy higroscópicas y hay que evitar su exposición a la humedad. Se usan comunmente en las municiones de escopetas, en los proyectiles para salvas y en las granadas de mano. La pólvora tiene una superficie rugosa, porque consta de aglomerados de fibras de nitrocelulosa mezclada con otros componentes. (tabla 3)<sup>13</sup>

Pólvoras coloidizadas de una sola base.

La expresión ``pólvoras de una sola base`` no define exactamente todas las pólvoras comprendidas en esta clase. La definición generalmente aceptada incluye todas las pólvoras que contienen como principal componente nitrocelulosa en estado coloidal sin la presencia de nitroglicerina. El descubrimiento de Paul Vieille de que la nitrocelulosa podría dispersarse en disolventes apropiados y estirarse después a presión por orificios o darle forma de pastillas, tiras o granos con superficies predeterminadas, es la

base para el diseño y la fabricación de todas las pólvoras modernas.

La principal pólvora sin humo de este tipo consistía solamente en nitrocelulosa coloide, pero después se ha modificado esta pólvora original para comunicarle mejores cualidades balísticas o mejores propiedades físicas y químicas. (Tabla 3) <sup>12</sup>

Pólvoras de doble base.

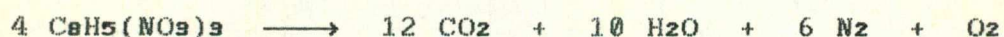
La expresión ``doble base`` se ha aplicado a pólvoras que contienen nitrocelulosa y nitroglicerina como principales componentes. Estas pólvoras se usan para armas militares y deportivas y pueden contener entre 15 y 40 % de nitroglicerina.

En general, las pólvoras de doble base tienen un potencial balístico mayor que las pólvoras de una sola base y son muy poco higroscópicas. Algunos fabricantes dicen que tienen un comportamiento más uniforme que las pólvoras de una sola base. Si es así, esto se debe probablemente al grado de mayor gelificación que se obtiene con mayores porcentajes de plastificantes entre ellas la nitroglicerina, usados en estas pólvoras.

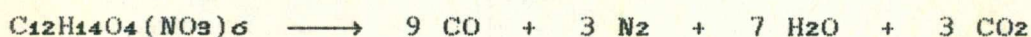
Con las pólvoras de doble base es difícil conseguir que no se produzcan fogonazos, porque es elevada su temperatura de combustión, misma que provoca una erosión excesiva en el cañón del arma en comparación con la producida por las pólvoras de una sola base (Tabla 3) <sup>12</sup>

En condiciones ideales la reacción química envuelta en la combustión de la nitroglicerina y la nitrocelulosa es como sigue:

Nitrato de glicerol:



Nitrato de celulosa:



La explosión de un grano de estas pólvoras sin humo expande de 200 a 300 cc de gases, los cuales contienen dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno y huellas de metano. <sup>12,20</sup>

TABLA 2: Composiciones nominales de pólvoras sin humo.

Componente (%)	tipos de pólvoras			
	1	2	3	4
A. POLVORAS DE UNA SOLA BASE PARCIALMENTE COLOIDES				
Nitrocelulosa	80.00	89.00	87.00	84.00
Nitrogeno	13.20	12.90	12.90	13.25
Nitrato de bario	08.00	06.00	06.00	07.50
Nitrato de potasio	08.00	03.00	02.00	07.50
Almidon	02.55	01.00	00.00	00.00
Aceite de parafina	00.00	00.00	04.00	00.00
Difenilamina	00.15	01.00	01.00	01.00
Colorante (aurina)	00.25	00.00	00.00	00.00
B: POLVORAS COLOIDES DE UNA SOLA BASE				
Nitrocelulosa	99.00	97.70	90.00	85.00
Nitrógeno	12.60	13.15	13.15	13.15
Dinitrotolueno	00.00	00.00	08.00	10.00
TNT	00.00	00.00	00.00	15.00
Ftalato di-n-butílico	00.00	00.00	02.00	05.00
Estaño	00.00	00.75	00.00	00.00
Difenilamina	01.00	00.80	01.00	01.00
Sulfato de potasio	00.00	00.75	00.00	00.00
C. POLVORAS DE DOBLE BASE				
Nitrocelulosa	77.45	52.15	51.50	56.50
Nitrógeno	13.15	13.25	13.25	12.20
Nitroglicerina	19.50	43.00	43.00	28.00
Ftalato dietílico	00.00	03.00	03.25	00.00
Sulfato de potasio	00.00	01.25	01.25	00.00
Nitrato de potasio	00.75	00.00	00.00	00.00
Nitrato de bario	01.40	00.00	00.00	00.00
Negro de humo	00.00	00.00	02.00	00.00
D. POLVORAS DE DOBLE BASE				
Cera candelilla	00.00	00.00	00.08	00.08
Metilcelulosa	00.00	00.00	00.10	00.50
Dinitrotolueno	00.00	00.00	00.00	11.00
Etilcentralita	00.60	00.60	01.00	04.50
Grafito	00.30	00.00	00.00	00.00

TABLA 3: Diferencias entre las propiedades de las pólvoras negras y las pólvoras sin humo

Pólvoras negras	Polvóras sin humo
Aspecto: los granos son amorfos tienen color oscuro negruzco	tienen variedad de formas y colores (naranja brillante, azul oscuro, etc.)
Desarrollan presión rapidamente en 6 a 7 diezmilésimas de segun- do.	En 15 a 16 diezmilésimas de segundo alcanzan su presión máxima
Estallan	Arden
Desarrollan toda su potencia en el momento de la explosión y después decrece.	Desarrollan potencia y presión continuas

CAPITULO II

BALISTICA EXTERNA

#### IV. BALISTICA EXTERNA.

La balística externa es el estudio del movimiento de los proyectiles desde que salen del arma, el cual está sujeto a la influencia de la gravedad y la resistencia del aire. Este último está afectado por la presión barométrica, la temperatura y la humedad, los cuales a su vez afectan la densidad del aire y sus movimientos; tomando en cuenta la velocidad inicial, la posición de las estrías, la forma de los proyectiles, etc.<sup>18,22</sup>

Tiro: Acción y arte de disparar un arma.

Línea de tiro. Es la línea imaginaria del eje del cañón. Dirección que lleva el proyectil al inicio, se ve afectada por resistencia al giro, peso y gravedad.

La resistencia depende de la densidad, dirección, velocidad, peso del proyectil, forma y superficie de la cara anterior y posterior. Además el aire denso y comprimido que le precede y el vacío que le sigue, de forma cónica, cuya base ocupa todo el culote del proyectil.<sup>19</sup>

Ángulo de tiro. Formado por la línea de tiro y la línea horizontal que pasa por el origen de la trayectoria.

Trayectoria. Dirección que lleva el proyectil. Camino que ha recorrido, recorre o ha de recorrer al salir del cañón, línea curva y parabólica. Infiere en ella, la carga, forma, peso, densidad del proyectil, calibre, rayado del ánima y longitud del cañón, estado atmosférico, altitud sobre el nivel del mar, ángulo sobre o bajo el horizonte con que se dispara, etc.<sup>2</sup>

Tensión de la trayectoria: Cantidad de espacio recorrido por la bala. (Fig. 12)

El proyectil experimenta diversos movimientos:

Movimiento de traslación: desde la recámara del arma, hasta su

caída; originado por la fuerza de propulsión que producen los gases en la deflagración de la pólvora, lo anima a una velocidad de 500 a 1000 m s, según el tipo de arma y cartucho.<sup>13</sup>

Movimiento de rotación: alrededor de su eje longitudinal producido por el rayado del ánima, a la derecha o a la izquierda dependiendo si el rayado es dextrógiro o sinistrógiro, y cuya velocidad varía de 100 a 3000 revoluciones por segundo.<sup>13</sup>

Movimiento giroscópico o pendular: producido por desequilibrio del centro de gravedad, por descompensación entre los movimientos de rotación y traslación, y por efectos de peso, forma y longitud del proyectil.<sup>2,13</sup>

Movimiento de parábola. Producido por la resistencia al aire y atracción de la fuerza de gravedad.<sup>2</sup>

Rebotes: Son cambios bruscos o inesperados en la dirección de los proyectiles debidos a obstáculos en la trayectoria.

Velocidad inicial: es la que tiene al salir del cañón.

Velocidad remanente: velocidad medida en cualquier momento.

Ambas velocidades dependen de la clase de pólvora, fulminante, ajuste del arma, largo del cañón, etc.<sup>2,4</sup>

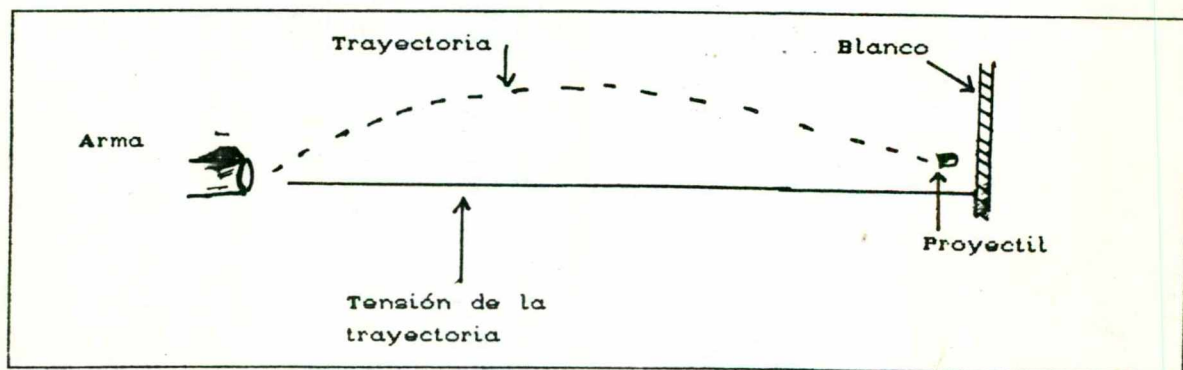


Fig. 12. Recorrido del proyectil.

**CAPITULO II**

**STATISTICA DE EFECTOS**



## V. BALISTICA DE EFECTOS.

### 1. Introducción.

La balística de efectos analiza los efectos que producen los proyectiles al llegar al blanco, su dispersión en un tiro prolongado; su penetración en cuerpos macizos resistentes, y el efecto destructor causado por la explosión de las granadas.

Las heridas por proyectil de arma de fuego, dada su importancia médico legal, merecen ser estudiadas separadamente, aun cuando en realidad no son más que heridas contusas.<sup>19</sup>

La gravedad de las lesiones producidas por un proyectil de arma de fuego, depende del calibre, calidad del proyectil, de la pólvora y los órganos interesados.<sup>20</sup>

El disparo de un arma de fuego da lugar a la salida, por la boca del cañón a elementos similares, unos con carácter constante y otros circunstanciales, a saber:

#### A. Constantes:

- 1) Bala o proyectil.
- 2) Gases inflamables o sobrecalentados.
- 3) Productos de la combustión de la pólvora.
- 4) Granos de pólvora enteros o parcialmente deflagrados.

#### B. Circunstanciales:

- 1) Partículas metálicas que pueden provenir del proyectil, del casquillo o del cañón.
- 2) Cuerpos extraños, suciedades o herrumbres.
- 3) Partículas de grasa o aceite ( por limpieza de las armas).

Todos estos elementos inscriben sobre la víctima su testimonio y suministran datos valiosos que permiten identificar el calibre del arma usada, los orificios de entrada y salida y fundamentalmente la distancia probable a la que fué hecho el disparo.<sup>19</sup>

### 2. Posible distancia a la que se hizo el disparo.

Dentro del contexto de la balística de efectos y la medicina legal, si tomamos en cuenta:

encuentra especialmente en los disparos suicidas efectuados sobre el cráneo. Su importancia radica en que es signo de orificio de entrada y resiste a la acción de la putrefacción, aún cuando ésta ha destruido todas las partes blandas. <sup>19,27</sup>

Con relación a los datos proporcionados por las ropas en un disparo de este tipo, son de tomarse en consideración el signo de la escarapela de Simonin; el deshilachamiento crucial, y el calco del tejido superficial sobre el profundo.

b) Disparo a quemarropa.

El orificio de entrada en este tipo de disparo está rodeado por la cintilla de contusión y por un tatuaje denso y ennegrecido comprobándose sobre su superficie los efectos de quemadura de la llama, indicativos, por lo tanto, de un disparo hecho a una distancia no superior al alcance de la llama.

c) Disparo a corta distancia.

Distingue a este tipo de disparos la presencia de elementos integrantes del tatuaje alrededor del orificio de entrada. Por lo tanto, se incluyen en esta denominación los realizados a distancias inferiores al alcance del tatuaje, tanto del verdadero como del falso.

d) Disparo a larga distancia.

La ausencia de los elementos que constituyen el tatuaje, caracterizan a este tipo de disparos.

De una manera general se puede establecer el siguiente cuadro comparativo para estimar aproximadamente la distancia del disparo, tomando en cuenta la huella que pueda dejar cada uno de los elementos que salen por la boca del cañón del arma:

- a) Efectos expansivos de los gases; por contacto (golpe de mina) o máximo a 1 ó 2 cm.
- b) Tatuaje: (incrustaciones de granos de pólvora en piel), mínima 2 cm.; máxima 60 cm.
- c) Mancha de ahumamiento, de 1 a 30 cm máximo.
- d) Quemaduras (por los gases sobrecalentados), de 1 a 15 cm.; máximo. <sup>19</sup>

Por último, los tres elementos que se estudian en las heridas por proyectil de arma de fuego son: a) el orificio de entrada, b) el orificio de salida y c) el trayecto.

### 3. Orificio de entrada.

Es la herida producida en la piel por la penetración de la bala. Adquiere diversas características según sea el disparo, con o sin ropa interpuesta entre la piel y el arma, distancia y tipo de proyectil y pólvora.<sup>26</sup>

El orificio es más o menos redondo y generalmente más pequeño que el diámetro del proyectil. El orificio puede ser irregular y mayor que el diámetro normal de la bala cuando esta llega deformada por haber chocado antes con un cuerpo. (Fig. 14)<sup>19,31</sup>

#### Signos que presenta el orificio de entrada.

##### A. Constantes:

###### 1) Anillo contuso-excoriatiivo o collarete erosivo.

Es la disecación o apergaminamiento de la dermis por efecto del proyectil. El proyectil al golpear la dermis contunde, y a causa de la velocidad de que viene provisto, la deprime, la estira y la perfora, de donde resulta que el orificio sea menor.<sup>27</sup>

###### 2) Anillo de enjugamiento, Zona de Fisch.

Cuando el proyectil perfora la piel es limpiado por la misma que le quita toda la suciedad que arrastró desde la recámara del arma hasta el contacto con el cuerpo (aceites, óxidos, restos de plomo, etc).<sup>25,31</sup>

Este anillo presenta la epidermis descamada y suele aparecer ennegrecido.<sup>17,26,27</sup>

##### B. Secundarios:

Estos están ligados a la distancia de disparo del proyectil.

###### 1) Tatuaje verdadero.

Son granos de pólvora en combustión incompleta que se incrustan en la piel en una zona vecina al orificio, en forma permanente, no desaparecen con el lavado.<sup>17,25</sup>

Puede ser concéntrico o no, más compacto en los disparos a pocos centímetros, de color negro o azulado cuando la pólvora es negra, o amarillo verdoso cuando la pólvora es blanca.<sup>9</sup>

###### 2) Tatuaje falso o ahumamiento.

El humo producido en la combustión de la pólvora se adhiere

superficialmente a la piel, ennegreciendo el área superficial. Este es el llamado tatuaje falso, desaparece con el lavado.

La presencia del tatuaje indica que ese es el orificio de entrada, y que fué hecho a corta distancia ( 70 - 75 cm.).<sup>9,19,20</sup>

El tatuaje puede estar ausente aun siendo próximo el disparo por:

a) presencia de ropas gruesas, en cuyo caso las telas tendrán las marcas de pólvora, humo y quemaduras.

b) por exceso de proximidad, los granos de pólvora habrán entrado en los tejidos.

3) Quemadura.  
Efecto de la ignición, cuando el disparo se ha hecho como máximo a 15-25 cm.<sup>17,20</sup>

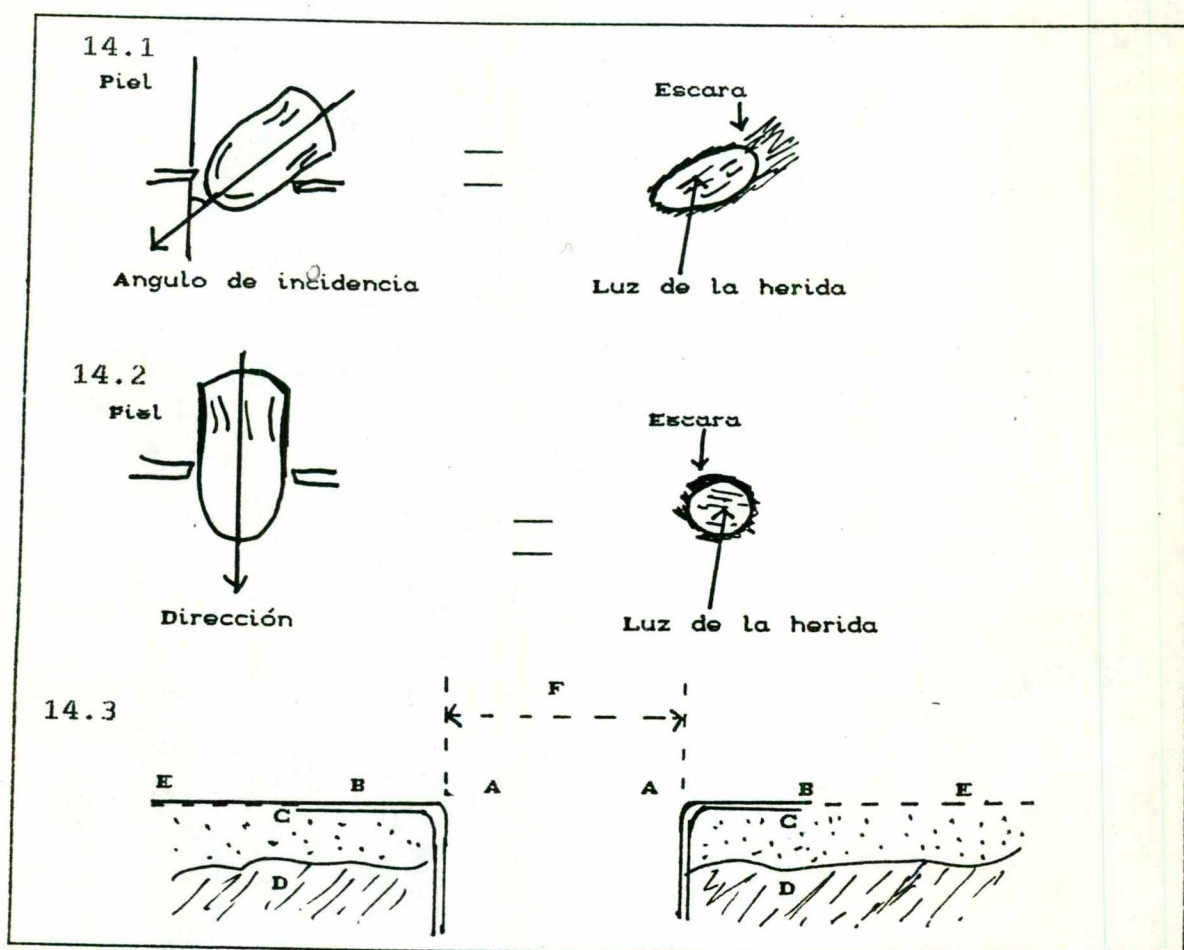


Fig. 14: 14.1 y 14.2 Orificio de entrada.  
14.3 Corte esquemático de un orificio de entrada. A. Zona de quemadura. B. Zona de tatuaje verdadero. C. Representa granos de pólvora embebidos en la capa córnea de la piel, pueden provenir del enjugamiento de la piel. D. Granos de pólvora embebidos en la capa muscular. E. Zona donde se han depositado granos de pólvora y productos de combustión. F. Diámetro del proyectil.

#### 4) Trayecto.

Es la marca del camino del proyectil dentro del cuerpo, en el cual puede terminar o atravesarlo completamente, con un orificio de salida.<sup>20</sup>

El trayecto no es un canal uniforme, siendo más reducido al atravesar las aponeurosis y ensanchándose al pasar por los músculos. Su interior está generalmente ocupado por sangre coagulada, restos de tejidos dilacerados y cuerpos extraños, ya provengan del exterior, ya del propio organismo.

En general es en línea recta, pero es frecuente la desviación del proyectil, siguiendo trayectorias angulares o curvadas, sea al chocar contra huesos u órganos móviles, deslizando por debajo del cuero cabelludo sin penetrar a la cavidad o bien sobre las costillas etc. También se debe tener presente la posición en que se encontraba la víctima al recibir el impacto, ya que la descripción la hace el perito médico forense considerando al sujeto de frente y supuestamente de pie, en posición erecta, de tal suerte que si el sujeto al recibir el impacto estaba inclinado, flexionado el tórax sobre el abdomen, puede penetrar el proyectil por ejemplo por la nuca y salir por el sacro, es decir, entrada y salida por la parte posterior del cuerpo pero con trayecto aparentemente curvado, ya que la autopsia y descripción de las lesiones se hace con el cuerpo en extensión. (Fig. 15)<sup>19</sup>

Desviaciones. Consisten en cambios bruscos de dirección que sufren los proyectiles en el interior del cuerpo al chocar con estructuras compactas (huesos), originando variaciones de dirección.<sup>19</sup>

Migraciones. Consisten en el arrastre del proyectil por torrente sanguíneo, al penetrar en la cavidad cardiaca o en un grueso vaso sanguíneo, trayendo como consecuencia que el proyectil quede en un sitio bastante retirado del punto de penetración.

El estudio del trayecto del proyectil es útil para determinar la dirección del disparo y por consiguiente la posición del agresor con relación a su víctima. (Fig. 16)<sup>3,30</sup>

## 5. Orificio de salida.

El orificio de salida es de interés secundario: primero, porque puede no existir y segundo y fundamentalmente, porque no se le pueden acreditar caracteres propios; el único interés es comparativo con el orificio de entrada, para reafirmar más el diagnóstico de aquél. En efecto, los signos negativos son los mejores elementos de juicio para afirmar el orificio de salida: ausencia de tatuaje y de escara o anillo de Fisch.

Los caracteres accesorios o secundarios que presenta serán: tamaño, generalmente mayor que el orificio de entrada; su forma, frecuentemente irregular o estrellada, y sus bordes evertidos.<sup>19</sup>

Las heridas por proyectil de arma de fuego por la fuerza de impacto tan tremenda que poseen ( 400 a 500 libras), por la velocidad de su movimiento helicoidal ( 2000 revoluciones por segundo), que al proyectar partículas y transmitir vibraciones producen contusiones de radio apreciable alrededor del la herida (10 a 15 cm.) son casi siempre graves, sobre todo si son penetrantes y si interesan órganos con funciones vitales como cerebro, corazón, pulmones, hígado, riñones, intestinos, etc.<sup>19</sup>

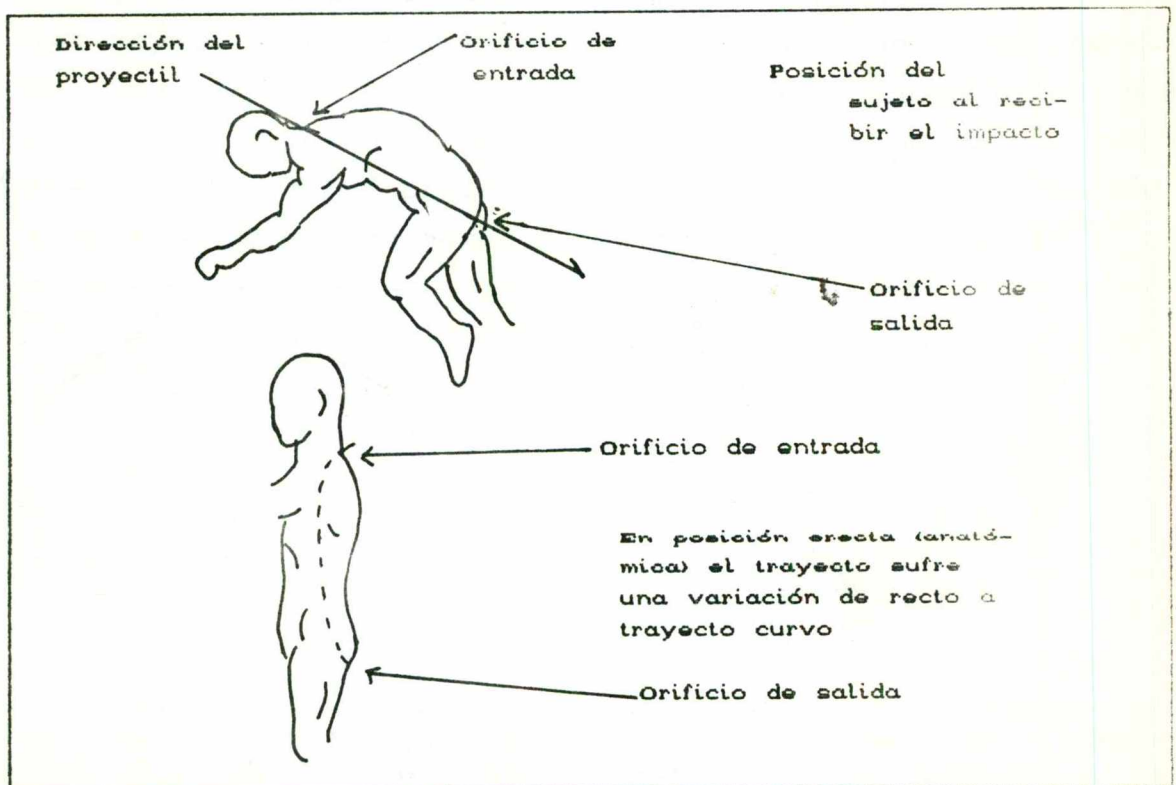


Fig. 15: Trayectos.

CAPITULO III

EL PAPEL DEL LABORATORIO DE QUIMICA  
EN UN HECHO POR ARMA DE FUEGO

## VI. EL PAPEL DEL LABORATORIO DE QUIMICA EN UN HECHO POR ARMA DE FUEGO.

### 1. INTRODUCCION.

Entre los diversos objetos materiales que se utilizan en nuestro país para la comisión de delitos, las armas de fuego ocupan un significativo lugar.

El doctor Alfonso Quiroz Cuarón asigna a los homicidios con arma de fuego el segundo lugar, ocupando el primero los ejecutados con instrumentos punzocortantes.<sup>23,24</sup>

Datos estadísticos de la Dirección de Servicios Periciales de la Procuraduría de Justicia del Distrito Federal, reportan que del total de muertes violentas en 1980 y 1985, las ocasionadas con arma de fuego ocupan el tercer lugar, correspondiendo el primero a las producidas con vehículo de motor, y el segundo a las ocasionadas con objetos contundentes.<sup>23,24</sup>

Estos datos permiten inferir que los problemas de tipo balístico forense a resolver en los laboratorios de química y criminalística son numerosos, destacándose los relacionados con la determinación de la mano de quien hizo el disparo, y la determinación de la distancia a la que fué hecho éste.

### 2. ANTECEDENTES HISTORICOS.

A. Con relación a despejar la incógnita sobre la distancia a la que se hizo el disparo.<sup>22,29,30,3</sup>

En 1913, en hechos ocurridos el 7 de julio, en los que resultó mortalmente herido el general Armando J. De La Riva, jefe de policía de la Habana, fueron designados peritos por una de las partes, a fin de examinar las ropas y dictaminar sobre la distancia a que se había efectuado el disparo, los doctores Gonzalo Iturrioz y Alonso Cuadrado. El Dr. Iturrioz, para resolver la cuestión planteada, utilizó la parafina como medio captatorio de los productos nitrados alrededor del orificio de entrada. Allí, surgió por vez primera, la



parafina como substancia capaz de captar aquellos productos derivados de la deflagración de la pólvora que pudiesen quedar adheridos a una superficie; y en esas placas parafinadas se aplicó el reactivo de Guttman (difenilamina-sulfúrica).

Posteriormente en 1937, J.T. Walker, aplicó la reacción orgánica para identificar nitritos descrita por Gries en 1858. Al aplicar Walker la reacción de Gries con fines forenses, fué bautizada con su propio nombre, denominándosele por tanto "prueba de Walker".

B. Con relación a despejar la incógnita sobre quién hizo el disparo.

Antiguamente no existía más método que el exámen microscópico de la mano, y oler ésta para identificar el olor que dejaba la pólvora antigua o corriente por el azufre que contenía. Hoy día, con las pólvoras modernas que apenas dejan rastros en la mano, no se puede llegar por ese método a determinar si una persona disparó o no un arma de fuego.

En 1922 en la "Revista de Medicina Legal de Cuba", se publicó un artículo "Consideraciones sobre las manchas producidas por los disparos de un arma de fuego", del Dr. José A. Fernández Benitez, en el cual se recomienda el uso de la parafina para captar los productos nitrados en la mano de la persona sospechosa de haber disparado un arma de fuego, aplicando para identificar los compuestos nitrados el reactivo de Guttman. Por esa misma época el químico alemán Lunge, utilizaba también el mismo reactivo.

En 1931, Teodoro González Miranda, del Laboratorio de Identificación Criminal de México, se interesa por la prueba, pide datos a Cuba sobre los trabajos de Benítez, e introduce esta prueba en los Estados Unidos, donde se le conoció al principio como Prueba de González.

En 1964, en el Primer Seminario que sobre aspectos científicos del trabajo policiaco celebró la Interpol, se consideró que la tradicional prueba de la parafina no tiene valor, ni como evidencia para llevarla ante las cortes, ni como segura indicación para el oficial de policía.<sup>29</sup>

Investigaciones posteriores dieron como resultado el que se propusieran otras técnicas tendientes a identificar bario, plomo, y antimonio que al ser expelidos en el momento del disparo pueden

también macular la mano. Entre otras tenemos la prueba del rodizonato de sodio.

Ultimamente, técnicas más sofisticadas se han venido aplicando para resolver esta cuestión, a saber: análisis por absorción atómica, tendiente a detectar plomo, antimonio y bario; y análisis por activación de neutrones.

### 3. FUNDAMENTOS GENERALES DE LAS TECNICAS EMPLEADAS EN LA RESOLUCION DE LOS PROBLEMAS PLANTEADOS POR UN HECHO CON ARMA DE FUEGO.

Una necesidad frecuente en la investigación en casos de disparos es la determinación de la distancia entre la pistola y el objeto al tiempo de disparar.

Esto es importante en ocasiones, por ejemplo, en el caso de alegato de atuodefensa; puede ser improbable que una persona dispartado en defensa propia pudiera estar lejos del blanco, a menos que al encontrarse a distancia y voltear hiciera fuego, viéndose amenazado por algún arma.

Numerosas instancias se refieren a la evidencia aparente de que la víctima estaba desarmada y viéndose amenazada, amagó o golpeó a la persona produciéndose el disparo que lo hirió. Obviamente un disparo bajo estas circunstancias no puede hacerse a una distancia mayor que la de la longitud del arma. Hay otro tipo de cuestión en la que se requiere la determinación de la distancia al arma. Tal es la distinción entre asesinato o suicidio. Es posible, si bien no probable, que un suicida arroje el arma a gran distancia después de dispararse. Por otro lado es probable que el asesino ponga el arma cerca del cuerpo de su víctima tratando de aparentar un suicidio. En un caso como éste, es altamente probable que el disparo se haya hecho desde unos cuantos pies de distancia, y quizá más. A menos que se pueda establecer con certeza la posibilidad de suicidio, en este caso es muy remota.

Aparte, si se determina que el proyectil llegó al blanco al final de su vuelo, o bien lo hizo antes, es posible determinar con considerable certeza la distancia del arma al blanco, por un estudio

del patrón de residuos que quedan sobre este último. Dicho patrón presenta diferencias en la forma y tamaño, dependiendo de las circunstancias, y en un momento dado puede relacionarse con la distancia. La aplicación más obvia de este principio es en el caso de disparo de un arma corta.<sup>16</sup>

Patrones de disparo. A una distancia corta, los elementos del disparo (nitratos, nitritos, bario, plomo, antimonio, proyectil, etc.), emergen del cañón y viajan como un grupo compacto y con fuerza considerable. Los elementos del disparo aun se encuentran asociados a unos cuantos pies de distancia de la boca del cañón. A medida que la distancia se incrementa los elementos del disparo se esparcen cubriendo un área de unos cuantos pies cuadrados, y tienen menor fuerza. Debido a estos cambios progresivos, es posible determinar con considerable exactitud la distancia a la que se hizo fuego, si las condiciones son favorables. El patrón que se va a emplear en el estudio se hará con la misma arma y tipo de cartuchos empleados en el hecho. Si no se cuenta con ellos, entonces un arma y cartuchos similares pueden emplearse para el estudio, aunque con menos certeza en los resultados, porque es casi imposible que las características y variaciones individuales de un arma puedan reproducirse afectando esto al patrón de disparo. Por esta razón los resultados que se obtienen con la misma arma y cartuchos serán más concluyentes. El investigador puede hacer una serie de disparos a diferentes rangos para determinar el patrón de algunas distancias. Puede hacerlos sobre una tela blanco, o sobre una superficie que sirva de blanco, de tal manera que los patrones puedan ser revelados en papel fotográfico.

Patrones de residuos de pólvora. Las armas de fuego al dispararse, arrojan por la boca del cañón, fragmentos de pólvora incombusta, parcial o totalmente quemada. Estos se esparcen detrás y en derredor del proyectil en una forma aproximadamente cónica, pero por su poco peso no viajan mucho. Estos patrones no se observan comunmente a grandes distancias tales como 6 a 10 pies (mayores de 70- 75 cm.)<sup>20</sup> de la boca del cañón del arma, y a estas distancias es raramente perceptible un patrón salvo unos cuantos fragmentos.

A pequeñas distancias (menores de 70-75 cm) del cañón, el patrón es relativamente cerrado y denso en torno al orificio de entrada del proyectil. Conforme la distancia se incrementa los residuos de

pólvora se esparcen, formando un patrón más extenso y de menor densidad. Ordinariamente hay una desviación considerable de la forma circular del patrón debida al ángulo de incidencia del proyectil. Es casi imposible duplicar de manera exacta un patrón, aun empleando la misma arma y tipo de cartuchos, porque la distribución de los residuos de pólvora es aleatoria por naturaleza. Sin embargo se puede obtener un grado considerable de certeza en la duplicación de las características generales y particulares de un arma en disparos sucesivos. Es por esta razón que con una prueba sobre los residuos se puede estimar la distancia a que fué disparada un arma.

Los patrones de residuos de pólvora se depositan en la ropa de las víctimas cerca del orificio de entrada. Por esta razón las superficies de ropa deben preservarse cuidadosamente para su estudio en caso de ser necesaria una estimación de la distancia. Los patrones estándar serán obtenidos de disparos sobre ropa blanca.

Cuando se dispara un arma de cañón corto particularmente, y un rifle o escopeta, residuos de pólvora se depositan sobre la piel de la mano que empuñaba el arma en el momento del disparo, en el caso de armas de cañón corto, o incluso en el brazo y antebrazo en el caso de armas de cañón largo. Se han diseñado pruebas para determinar en las manos principalmente, los residuos resultantes del disparo de un arma (nitratos, nitritos, plomo, antimonio, bario).<sup>16</sup>

#### 4. TECNICAS EMPLEADAS CON MAYOR FRECUENCIA EN EL LABORATORIO DE QUIMICA.

##### A. Para determinar la distancia a la que se hizo el disparo.

Al respecto es importante señalar que al ser identificado el orificio que se encuentra en las ropas como producido por la penetración de un proyectil, el resultado de las técnicas que se apliquen alcanza un grado importante de seguridad. Entre las técnicas más utilizadas se tienen:

##### 1) Técnica parafinoscópica.

Esta técnica tiene por objetivo identificar los residuos nitrados

provenientes de la deflagración de la pólvora, tiene el gran inconveniente de que los reactivos químicos que en ella se utilizan reaccionan genéricamente con los compuestos nitrados e inclusive con sustancias que sin ser nitradas son eminentemente oxidantes. En resumen: los reactivos no son específicos para los compuestos nitrados provenientes de la deflagración de la pólvora ocasionados por el disparo de un arma de fuego, es por eso que ha caído en desuso.<sup>22,23,24</sup>

## 2) Técnica del rodizonato de sodio.

Esta prueba se basa fundamentalmente en la reacción del plomo y del bario con el rodizonato de sodio.

En el momento de que una bala emerge de la boca de un arma de fuego, va acompañada entre otras cosas por una rociadura de glóbulos de plomo probablemente fundidos. Estos glóbulos difieren en tamaño y resistencia al aire, y vuelan junto con la bala una considerable distancia. Dependiendo de la distancia del disparo, una mayor o menor cantidad de esta rociadura de plomo se depositará en el blanco, donde se adhiere a la superficie. Además, en los disparos a corta distancia se puede detectar, junto con el plomo, bario.<sup>5,21,23,24</sup>

## 3) Técnica de Walker.

Esta prueba tiene por objetivo identificar en la ropa del sujeto lesionado la presencia de nitritos alrededor del orificio de entrada del proyectil, los que se desprenden como resultado de la deflagración de la pólvora y maculan el objeto de tiro cuando este se encuentra próximo.<sup>6</sup>

Daniel Graham hace a esta técnica la siguiente objeción: "las fibras de algunos tipos de ropa reaccionan con los reactivos químicos utilizados enmascarando, por tanto, el resultado".<sup>24</sup>

## 4) Fotografía infrarroja.

En aquellos casos en que el color de la ropa o la presencia de sangre impiden identificar las partículas resultantes de la deflagración de la pólvora, la fotografía infrarroja, en virtud de su penetración es de gran utilidad.<sup>25,26</sup>

La más importante objeción que se hace a ésta técnica consiste

fundamentalmente en que no detecta en forma específica partículas derivadas de la deflagración de la pólvora.

#### 5) Rayos Grenz.

Los rayos X suaves son de gran utilidad para detectar partículas provenientes de la deflagración de la pólvora, especialmente en aquellos casos en que el color y la textura de la ropa impiden a simple vista su visualización.

A esta técnica se le hace la misma objeción que la señalada respecto a la fotografía infrarroja.<sup>23</sup>

### B. Para determinar la mano de quien hizo el disparo.

#### 1) Prueba de la parafina.

A esta técnica, que se basa en identificar químicamente los derivados nitrados resultantes de la deflagración de la pólvora que pudieran haber maculado la mano de quien accionó el arma de fuego, se le hacen las siguientes objeciones: a) que los reactivos químicos utilizados no son específicos para los compuestos nitrados provenientes de la deflagración de la pólvora ocasionada por el disparo de un arma de fuego; b) que reporta un alto porcentaje de falsas positivas, muy probablemente en virtud de la elevada posibilidad de maculación con sustancias nitradas del medio ambiente, y c) que reporta con frecuencia falsas negativas aun en aquellos casos en que se aplica la técnica pocos momentos después de haber disparado un arma de fuego.<sup>5,22,24</sup>

#### 2) Prueba del rodizonato de sodio.

Esta técnica se basa en la identificación química de bario y plomo en las manos de quien disparó un arma de fuego.

La prueba del rodizonato de sodio se ha revelado satisfactoria para la detección tanto de bario como de plomo, incluso cuando ambos elementos se encuentran juntos el uno con el otro, o juntos con otros elementos constitutivos de los residuos de la descarga de un arma de fuego.<sup>21,24,28</sup>

### 3. Prueba de Harrison-Gilroy.

Esta técnica se basa en la detección química de bario y plomo mediante rodizonato de sodio y de antimonio mediante trifenil-arsonio, elementos que son expulsados en el momento mismo del disparo.

Una de las ventajas de esta prueba consiste en su muy baja incidencia de falsas positivas.

Por otro lado, el inconveniente que se le atribuye consiste en que el trifenil-arsonio no está disponible comercialmente, debiendo ser sintetizado en forma económica.<sup>5,24</sup>

### 4. Espectroscopía de absorción atómica y espectroscopía de absorción atómica sin flama.

Ambas son técnicas analíticas de naturaleza física, que permiten identificar y cuantificar el bario, el antimonio, el cobre y el plomo que hubieran maculado la mano de quien hizo el disparo, con la enorme ventaja de que pueden detectar pequeñísimas cantidades de estos elementos.

Distingue a estas técnicas fundamentalmente, su muy elevada sensibilidad, y acorde con ella, su baja incidencia de falsas positivas. Sin embargo, tienen la desventaja de que se si aplican una horas después de haber sido disparada el arma de fuego, la incidencia de falsas negativas es enorme, llegando esto al máximo después de ocho horas.<sup>23,24</sup>

### 5. Análisis por activación de neutrones.

Esta técnica se basa en detectar mediante su activación en un reactor nuclear, el bario y el antimonio que pudieran haber maculado la mano de quien disparó el arma de fuego. Estos elementos, al transformarse en radiactivos, emiten rayos gamma de longitudes de onda perfectamente definidas permitiendo su identificación y cuantificación por las características del espectro.

Fundamentalmente, caracterizan a esta técnica su muy elevada sensibilidad y, consecuentemente su muy baja incidencia de falsas positivas. Sin embargo tiene el inconveniente de que si no se aplica pocas horas después de de haberse disparado el arma de fuego, la incidencia de falsas negativas es muy elevada.<sup>29,29,30</sup>

6. Microscopía electrónica de barrido con espectrometría de rayos X.

La aplicación conjunta de estas técnicas para identificar en la mano de quien ha disparado un arma de fuego los residuos que a consecuencia de tal hecho pudieran haber maculado (partículas de pólvora, bario, plomo y antimonio), fue ideada por Nesbitt, Wesel y Jones, de la corporación de aeroespacio de California.

La esencia del procedimiento es la siguiente: mediante el microscopio electrónico de barrido, los residuos de referencia son identificados a través de su forma y tamaño y su composición química puede ser determinada mediante espectrometría de rayos X.

La objeción que se hace a este procedimiento, se deriva de su complicada aplicación, la que requiere de centros especializados, elevando grandemente su costo.<sup>23,24</sup>



**CAPITULO III**

**EXPLOSIVOS**

## VII. EXPLOSIVOS.

Un explosivo puede definirse como una sustancia que puede sufrir una descomposición muy rápida, exotérmica, que se propaga por sí misma, con formación de productos más estables. La explosión de la sustancia puede ser provocada por el calor, el choque, o la onda de detonación de otro explosivo. Deflagración y detonación son dos formas de desencadenar la reacción. La primera es térmica, es una combustión que se propaga con una gran rapidez por toda la masa del explosivo. La detonación es mecánica: una onda de choque, una sobrepresión que se transmite de una molécula a otra y provoca su explosión. <sup>12</sup>

Los productos de la explosión consisten generalmente en gases, o bien, en algunos casos, gases y sólidos. Son ejemplos de estas clases de explosivos la nitroglicerina y la azida de plomo respectivamente.

Invariablemente, una explosión da como resultado la liberación de una cantidad considerable de calor, el cual es suficiente para propagar la explosión desde el punto o área inicial a toda la masa. El calor liberado eleva también los productos de la explosión a una temperatura muy alta, desarrollando por consiguiente, presiones elevadas de los gases, que pueden aplicarse a realizar trabajo. El trabajo realizado por un explosivo depende principalmente de la cantidad de calor desprendido durante la explosión.

Un carácter muy importante de casi todos los explosivos es el balance de oxígeno, que es la relación del contenido de oxígeno al oxígeno total necesario para oxidar todo el carbono, todo el hidrógeno y otros elementos fácilmente oxidables para convertirlos en dióxido de carbono, agua, etc. El balance de oxígeno se expresa en porcentaje del oxígeno total necesario o como oxígeno en exceso o deficiente.

La definición de explosivo que hemos dado antes tiene carácter general, pero en realidad abarca dos clases de materiales. Unos sufren autocombustión con una rapidez que varía entre unas cuantas pulgadas por minuto y aproximadamente 400 metros por segundo. Son ejemplos de estos explosivos la nitrocelulosa coloidal y la pólvora negra. Los materiales de esta clase pueden usarse como propulsores o

para efectos estrictamente explosivos, y técnicamente se llaman explosivos bajos. La segunda clase comprende los materiales que hacen detonación o experimentan descomposición casi instantánea. La velocidad de detonación de estos explosivos varía entre 1000 y 8500 m/s. Son ejemplos la dinamita y la ciclonita. Los materiales de esta clase se llaman explosivos de alta potencia, altos explosivos o explosivos rompedores, y generalmente es a ellos a los que se refiere el termino explosivo cuando se usa en la literatura técnica.<sup>12</sup>

Los propulsores se subdividen tomando como base su composición; pero los explosivos de alta potencia comprenden dos categorías según su facilidad relativa de iniciación de la detonación. Una de ellas comprende los compuestos que son suficientemente sensibles al calor, choque o rozamiento para su detonación o combustión cuando se someten a estas fuerzas físicas. Estos materiales, debido a que poseen más o menos capacidad para transmitir una onda de detonación a explosivos menos sensibles, se llaman explosivos iniciadores, agentes iniciadores o detonantes iniciales. A este grupo pertenecen el fulminato de mercurio y la azida de plomo. Los otros explosivos de alta potencia, que no detonan por una aplicación breve de calor, por choque o por rozamiento, forman una gran mayoría de los explosivos rompedores. Se usan para fines militares e industriales y entre ellos están las dinamitas y el TNT.

Los propulsores son apropiados para usarlos cuando hay que obtener efectos de propulsión porque puede regularse la rapidez de combustión de modo que se eviten presiones excesivas a fin de conseguir los efectos balísticos deseados. Si no se domina la rapidez de combustión, el desarrollo de una presión excesiva puede conducir a que la combustión se transforme en detonación con la consiguiente ruptura del cañón o el cohete y la pérdida del efecto balístico.

#### CEBOS.

Los cebos son necesarios para producir el súbito estallido de una llama que inflama un agente detonante inicial, un propulsor, una pólvora de espoleta o una composición pirotécnica. Su acción es diferente de la de los agentes detonante iniciales, que se usan en dispositivos comerciales y militares como las cápsulas detonadoras.

las espoletas, los cartuchos de las armas de fuego pequeñas, los encendedores de artillería, las composiciones incendiarias y las composiciones pirotécnicas.<sup>12</sup>

#### DETONANTES INCIADORES.

Los iniciadores son cuerpos de gran inestabilidad química que detonan por choque o fricción moderados. Son moléculas alargadas con calor de formación negativo, es decir endotérmicas: -6.3 kcal para el fulminato de mercurio y -106 kcal para el nitruro de plomo. La presencia del metal pesado las hace aun más inestables, actuando a modo de una sobrecarga excesiva. Además los metales cumplen con la misión de transmitir la explosión a la carga sobre la que actúan de iniciadores, al absorber casi la totalidad de la energía térmica de la detonación.

Esta clase de compuestos y mezclas se distinguen de los explosivos de alta potencia propiamente dichos, como las dinamitas, los detonadores de excitación, las cargas rompedoras y los explosivos demoledores, por la facilidad mucho mayor con que pueden hacerse detonar por el calor, el choque o el rozamiento. Casi todos los detonantes iniciadores tienen velocidades más bajas de detonación y valores de rompimiento menores que los de los explosivos a los que se aplican, y en la mayoría de los casos, los detonantes iniciadores son poco estables. Algunos compuestos que podrían servir como detonantes iniciadores son demasiado sensibles o inestables para que su uso resulte práctico, de modo que los realmente usados en épocas pasadas o en la actualidad están comprendidos entre límites de estabilidad y sensibilidad relativamente próximos y son poco numerosos, entre ellos se encuentran: fulminato de mercurio, fulminato de plata, mezclas de fulminato de mercurio y clorato de potasio, azida de plomo, azida de plata, diazodinitrofenol (DDNP), estifnato de plomo.<sup>12</sup>

#### PROPULSORES.

Un propulsor se define concretamente como explosivo para impulsar proyectiles. Clasificados como explosivos bajos, se diferencian de los explosivos detonantes de alta potencia en que permiten controlar entre determinados límites la velocidad con que se libera la energía de autocombustión.<sup>12</sup>

## Propiedades balísticas de los propulsores.

En la inflamación de una pólvora propulsora en un cañón es necesario considerar dos factores: la rapidez con que se libera la energía total y la energía total liberada por la pólvora. Estos dos factores caracterizan la 'balística interior'. Se usan numerosos métodos de cálculo para formular pólvoras que satisfagan ciertos requisitos balísticos concretos. La mayoría de esos cálculos se basan en fórmulas empíricas, que no son adecuadas para incluir grandes variaciones, en especial en la composición de pólvoras.

La energía térmica potencial de una pólvora propulsora, cuando se inflama en un cañón, es convertida en energía cinética del proyectil. La energía total que puede comunicarse al proyectil está limitada por la longitud del cañón, trazado del proyectil en el cañón y por la presión que pueda soportar el tubo del cañón, independientemente de la energía de la pólvora. La figura 18 representa una curva típica de presión y recorrido para un proyectil en un cañón. La presión máxima se alcanza en el punto A con respecto a la distancia recorrida por el proyectil desde su punto de partida. Por consiguiente en un arma ya existente, la pólvora tiene que transmitir su energía al proyectil con una velocidad indicada por esta curva para obtener la eficiencia máxima de la pólvora. Por otro lado, si la pólvora existe ya, hay que diseñar el arma para que resista las presiones indicadas por esta curva. Si el arma no las resiste, es indudable que se producirá la rotura. La energía del proyectil está representada por el área que hay debajo de esta curva y puede expresarse por medio de la fórmula:  $W = \int P dV = 1/2 mv^2$ , en la cual W es el trabajo realizado, P es la presión, V es el volumen, m la masa del proyectil y v la velocidad en la boca del arma. Si se traza la curva de presión que puede soportar el arma a lo largo del alma del cañón, se verá que está algo por encima de la curva de la pólvora en una distancia que depende del coeficiente de seguridad adoptado por el constructor del cañón.<sup>12</sup>

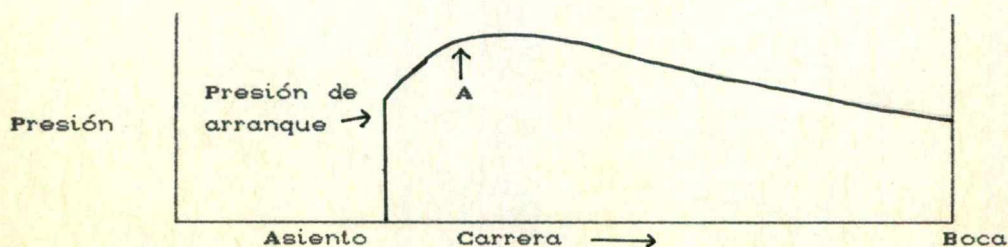


Fig. 18: Curva de presión y recorrido del proyectil en la boca del cañón.

Siempre que un propulsor elegido tiene energía suficiente, el problema de hacer que satisfaga con la mayor exactitud posible los requisitos de presión-recorrido consiste principalmente en ajustar el diseño geométrico del grano de modo que satisfaga la velocidad deseada de aumento de presión; esta velocidad depende de la rapidez con que arde la pólvora y de la superficie expuesta para arder y su relación con el recorrido del proyectil.

Puesto que la pólvora arde solo en la superficie, la velocidad de combustión en condiciones determinadas depende de la superficie, y el tiempo de combustión depende del espesor de pólvora que hay que quemar. En el diseño de las pólvoras, el espesor se designa con el nombre de 'alma'. En las granulaciones de escama como las que se usan en la pólvora para deportes, el alma es la longitud del grano. En las pólvoras de una sola perforación se considera que es el espesor de la pared del tubo.

Son tres las formas de combustión que hay que estudiar y se designan con los nombres de regresiva, neutra y progresiva. Estas formas de combustión pueden representarse por las curvas de la figura 19. En un grano macizo (cuerda) la superficie disminuye continuamente y la combustión es regresiva. Si el grano está perforado, la superficie interior aumenta mientras disminuye la superficie exterior y puede obtenerse una combustión neutra o incluso progresiva.

Las curvas de la figura 20 muestran la acción en las armas de las tres formas de combustión. Si las áreas que hay debajo de las tres curvas son iguales, la velocidad del proyectil en la boca del arma será, en igualdad de condiciones, la misma para todos los tipos de granulación, y solo habrá diferencia en la velocidad con que se libera la energía y en la presión máxima alcanzada.

Los principales propulsores son la pólvora negra y las pólvoras sin humo.

Estabilidad de las pólvoras sin humo.

El término 'estabilidad' aplicado a la pólvora sin humo se refiere a la resistencia de la pólvora al deterioro químico, pero a veces significa la estabilidad balística. En la preparación de la nitrocelulosa, el principal ingrediente de la mayoría de las pólvoras sin humo, hay que tener mucho cuidado en obtener un producto muy puro que tenga un grado de estabilidad química elevado.

Precauciones análogas se adoptan respecto al prescribir la pureza de otros componentes de la pólvora. A pesar de esas precauciones es necesario agregar sustancias estabilizadoras a todas las composiciones de pólvoras modernas para asegurar una estabilidad aceptable a la pólvora terminada. Los dos estabilizadores principales empleados son la difenilamina y la etilcentralita.

Todos los componentes orgánicos pueden descomponerse con el calor y todas las mezclas explosivas se descomponen a temperaturas solo moderadamente elevadas. La nitrocelulosa y la nitroglicerina que son los principales componentes de la pólvora sin humo, resisten mucho menos el calor que la mayoría de los otros explosivos. Por consiguiente, la estabilidad de la pólvora refleja en gran parte la estabilidad de uno de esos materiales o ambos. La pólvora sin humo se descompone rápidamente a temperaturas superiores a 200 C, de modo que la combustión espontánea se produce en unos cuantos minutos. La rapidez de descomposición disminuye mucho cuando baja la temperatura, hasta que las temperaturas atmosféricas normales, la descomposición alcanza un valor muy pequeño al cabo de muchos años. La pólvora sin humo se descompone lentamente con la humedad. Esta descomposición se facilita por los ácidos y álcalis.<sup>12</sup>

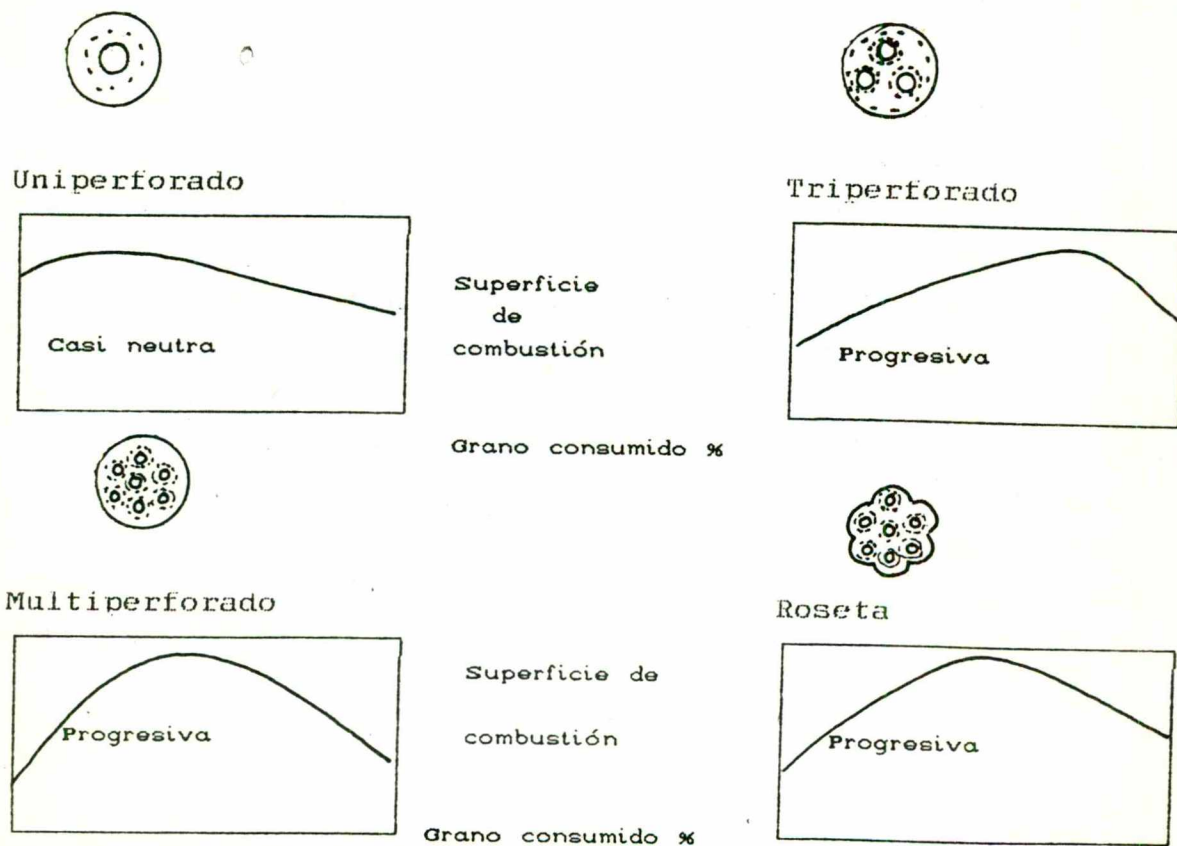


Fig 19: Modos de combustión de granos perforados y de granos macizos.

**CAPITULO VIII**

**GLOSARIO**



## VII. GLOSARIO

DEFLAGRAR. Arder repentinamente con llama y sin explosión.

DETONACION. Ruido que acompaña a una explosión.

DETONAR. Producir estampido.

DETONADOR. Dispositivo con fulminante y mezcla detonante cuyo efecto provoca la explosión de una carga.

EXPLOSION. Combustión rápida de un cuerpo con desprendimiento de calor, luz y gases. Dilatación repentina de un gas expelido del cuerpo que lo contiene sin que éste estalle ni se rompa: como se observa en un disparo de un arma de fuego.

EXPLOSIVOS. Son sistemas moleculares inestables, dotados de gran energía potencial, que al transformarse en otros cuerpos más estables la desarrollan en forma de calor.

FULMINANTE. Sustancia explosiva que se usa para iniciar la explosión de una carga.

FULMINATO. Sales del ácido fulmínico de fórmula general  $CNOM$ , donde M es un metal monovalente, son sustancias muy explosivas.

HERIDA. Solución de continuidad de los tegumentos producida por un agente mecánico, con o sin pérdida de sustancia.

- contusa o por contusión: herida producida por un instrumento u objeto obtuso.
- incisa: herida producida por un instrumento cortante.
- penetrante: herida producida por un instrumento punzocortante.

PERCUTOR. Pieza del mecanismo de disparo de un arma de fuego que golpea y hace detonar un explosivo con carga de proyección.

**CAPITULO IX**

**BIBLIOGRAFIA**

## VIII. BIBLIOGRAFIA.

1. ALBARRACIN, R.; Manual de criminalística; Editorial Policial; Argentina 1971; Pag. 179-192.
2. ANGEL V.,V.; Criminalística General; Editorial Temis; Colombia 1971; Pag. 224-276.
3. BARRAZA, R.; Revista del Instituto de Ciencias Policiales de la República Mexicana. Cap. Medicina Legal.
4. BARCELO, J.R.; Diccionario terminológico de Química; Editorial Alhambra; España 1982. Pag. 359-583.
5. BENITEZ M., S.; Combinación de las técnicas del rodizonato de sodio y de la difenilamina en la prueba parafinoscópica; Tesis. UNAM; México 1980.
6. BUCIO A., G.; Modificación a la prueba de Walker, aplicando rodizonato de sodio. ; Tesis. UNAM; México 1983.
7. Diccionario de los términos Técnicos en Medicina; Editorial Interamericana; España 1981; Pag. 483.
8. Diccionario de los términos técnicos en medicina; Editorial Interamericana; España 1981; Pag. 483.
9. Diccionario Terminológico de Ciencias Medicas; Salvat Editores S.A.; México 1980; Pag. 475.
10. Diccionario Enciclopédico Salvat. Tomo 10; Salvat Editores S.A.; España 1971; Pag. 396-397.
11. Diccionario Enciclopédico Salvat. Tomo 17; Salvat Editores S.A.; España 1971; Pag. 76-77.
12. Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo VIII. Editorial UTEHA.

México . Pag. 627-645.

13. FERNANDEZ P., R.; Elementos básicos de Medicina Forense; Francisco Méndez Cervantes, Editor; México 1981; Pag. 108-119.

14. HISCOX, G.C. y HOPKINS, A.A.; Recetario Industrial; Editorial Gustavo Gili S.A.; España; Pag. 1145-1149.

15. HORGAN J.J.; Investigación Penal; Editorial CECSA; México 1984; Pag. 55-57.

16. KIRK, P.L.; Crime Investigation; Interscience Publishers Inc.; USA 1953; Pag. 352-357.

17. LEON, L; Medicina Legal; Editorial Orbir; Argentina 1969; Pag. 100-193.

18. LUNDQUIST, F.; Methods of Forensic Science. Volume 1; Interscience Publishers Inc.; USA 1962; Pag. 592-635.

19. LUQUE C.,O.; Elementos de Criminalística; Editorial Temis; Colombia 1971; Pag. 51-71

20. MARTINEZ M. y SALDIVAR S.; Medicina Legal; Francisco Méndez Oteo, Editor; México 1985; Pag. 143-150.

21. MONTIEL S.,J.; Criminalística. Tomo 1; Editorial Limusa S.A.;México 1984; Pag. 61-63.

22. MORENO G.,R.; Balística Forense; Editorial Porrúa S.A.;México 1986.

23. MORENO G.,R.; Manual de Introducción a la Criminalística; Editorial Porrúa S.A.; México 1984; Pag. 131-165.

24. MORENO G.,R.; Identificación en las manos y en las ropas de los residuos resultantes del disparo de un arma de fuego; Rev. Mex. de Ciencias Penales; Año II, Julio 1978-Junio 1979; México, No. 2.

25. O'HARA C.E. y OSTERBURG, J.W.; An Introduction to Criminalistics; The Macmillan Company; USA 1956; Pag. 384-390.
26. QUIROZ C.,A.; Medicina Forense; Editorial Porrúa S.A.; México 1982; Pag. 391-397.
27. NERIO R.; Medicina Legal; Editorial El Ateneo; Argentina 1979; Pag. 51-58.
28. SANCHEZ B.,F.A.; Aplicación de la espectrofotometría de absorción atómica y del rodizonato de sodio para determinar cuando un arma de fuego ha sido disparada. Tesis. UNAM; México 1981.
29. SKOOG,D.A.; Análisis Instrumental; Editorial Interamericana; México 1986; Pag. 487-492.
30. SMITH,J.; Causa de Muerte. La Historia de la Ciencia Forense; Editorial Planeta; México 1983; Pag. 63-100.
31. SODERMAN,H. y O'CONNEL, J.J.; Modern Criminal Investigation; Funk Wagnalls Company; USA 1952; Pag.196-228.
32. TRNWALD; El Siglo de la Investigación Criminal. Pag. 603-662.
33. TORRES T.,J.; Medicina Legal; México 1970; Pag. 132-133.