

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

F. E. S. ZARAGOZA

DIPLOMADO: QUIMICA LEGAL

MARTÍNEZ CARRERA CLAUDIA

ASESOR DEL PROYECTO:

Q. F. B. ANGEL TLAPANCO OCHOA

TESINA

**EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS QUÍMICOS
USADOS PARA DETERMINAR LA
MANO DE DISPARO.**

MÉXICO D.F. ENERO - 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pag.
Resumen	1
Introducción	1
Antecedentes	2-3
Objetivo	4
Planteamiento del problema	5
Hipótesis	6
Importancia del estudio	7
Limitaciones del estudio	8
Tipo de investigación y procedimiento	9
MARCO TEÓRICO	
Balística	10
Partes de la balística forense	11
Armas de fuego	12- 13
Cartucheria	14 - 18
Análisis del disparo	19
Secuencia de un disparo	20
MÉTODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR LOS RESTOS DE LA DEFLAGRACIÓN	
Prueba de la parafina	21
Prueba del rodizonato de sodio	22-23
Prueba de Walter	24-25
Espectroscopia de absorción atómica sin flama	26-28

Análisis por activación de neutrones	29
Microscopia electrónica de barrido con espectroscopia de rayos X	30
Análisis de resultados	31
Conclusión	32
Referencias bibliográficas	33-34

RESUMEN

Se realizó una investigación bibliográfica a modo de reunir información de las diferentes técnicas empleadas en balística interna para determinar quien disparó un arma de fuego, aportando con esto la información necesaria para sustentar que la prueba de absorción atómica es la más confiable para ser usada como auxiliar en el esclarecimiento de un delito.

INTRODUCCION

Desde los tiempos en que el hombre, como ser racional por naturaleza comprendió que no solamente sus manos, piernas y cualquier otra parte del cuerpo tenían utilidad como instrumentos para defenderse de las agresiones de los elementos naturales y del igual en especie, determinó que atacando llegaba con mayor prontitud a sus fines y que la supervivencia de la especie estaba garantizada.

Así con el tiempo se hizo necesario el desarrollo de varios tipos de armas usadas con los fines ya mencionados, destacándose en el tiempo y espacio las **armas de fuego**, las cuales cobraron fama y evolucionaron rápidamente, de modo que se hizo necesaria la aparición de un área especializada en el estudio de dichas armas. Así nace la balística, una rama de la criminalística que a su vez se divide en externa e interna, siendo la interna quien estudia los fenómenos físicos y químicos que se producen en el interior de un arma de fuego, desde el momento en que esta es manipulada para producir la deflagración del cartucho hasta el preciso momento en que el proyectil abandona el cañón del arma. Debido a la importancia que esta representa en el estudio del delito se han integrado a ella técnicas que permiten detectar la presencia de los restos de la deflagración de la pólvora o cualquier otro material de proyección contenido en un cartucho a modo de permitir a las autoridades determinar culpabilidad de las personas en hechos delictivos, es por eso que en ésta investigación se realiza una compilación de las diferentes técnicas empleadas por la justicia para evaluar dichos restos, además de realizar la comparación de sus sensibilidades a modo de determinar cuál de ellas es mas confiable.

ANTECEDENTES

El cómo inician las armas de fuego se relaciona íntimamente con la aparición de la pólvora. Así según el maestro Joseph Furtembach, en su famoso tratado de artillería (1643), relata que un monje de nombre Berthold Schwarz del monasterio de San Martín se dedicaba a realizar experimentos de diferente naturaleza, hasta que un buen día removió la tranquilidad de Friburgo, en la Selva Negra cuando en 1312, provocó un estallido de tal magnitud que el pueblo se congregó en los alrededores del monasterio y por el olor a azufre y por los daños causados no podía ser sino cosa del demonio, que fueron explicados mas tarde como que una brasa de carbón había caído accidentalmente en un mortero de sal petrea, carbón de leña y azufre, naciendo la mezcla letal que se denominó pólvora en lo posterior.

Nada tan fantasioso como lo relatado, la realidad es diferente en cuanto se tienen noticias de que en China, a partir del siglo XI se usaban diferentes productos pirotécnicos que se trataban de mezclas que contenían azufre, carbón y salitre, que utilizaban como medio para proyectar ciertas “balas” en rudimentarios aparatos de caña de bambú.

En Europa fueron los árabes los que en los siglos XII y XIII empezaron a usar la pólvora en su función de propelente o como carga de proyección; paralelamente se cita al denominado “fuego griego” que usó Bizancio como mezcla incendiaria para detener por mucho tiempo la gran presión expansiva de los árabes.

En todo caso los primeros antecedentes del descubrimiento y uso de la pólvora, se pueden encontrar en las obras de Marco Greco, Alberto Magno y Rogelio Bacon, que tienen su inicio en el siglo XIII. El mas antiguo hace referencia a Marco Greco que posiblemente vivió en el siglo VIII y que ya se encuentran vestigios y citas de sal pétrica.

De este modo se llega a la mas antigua pintura que da noticia de un arma de fuego, ésta tiene fecha de 1326 y se trata de una **bombarda** con forma de vasija enorme sujeta a una mesa que se sostiene en caballetes; se puede notar que el operador de la mecha lo hacia a distancia y tenía que estar dispuesto a morir, porque lo rustico del aparato lo tornaba terriblemente peligroso y mortal.

Con el paso del tiempo y el avance en la implementación de los sistemas para encender y deflagrar la pólvora se logran desarrollar sofisticados armamentos, que en poco tiempo llegan a

ser de fácil acceso a la población por lo que se ven envueltos rápidamente en hechos delictivos. Lo que lleva a la búsqueda de técnicas y métodos para identificar a dichas armas con cierta precisión.

Antiguamente las armas de fuego eran identificadas por el taco. En el tiroteo que tuvo lugar en el caso de Cadoudal, los restos de papeles que habían servido de taco, encontrados en el lugar de los hechos, permitieron identificar al autor, quien resulto ser el hijo del Sr. Troche, relojero residente en Francia.

Posteriormente, con la invención del cartucho aparecieron los proyectiles, cuyas características de clase (calibre, número, anchura y dirección de las estrías) eran utilizadas por los expertos para realizar el debido cotejo entre los proyectiles relacionados con el hecho y los disparados por el arma cuestionada. Sin embargo al encontrar concordancia entre las características de clase, solo podían formular conclusiones del tipo siguiente: "El proyectil ha sido disparado por el arma del acusado o por otra semejante".

Henry Goodard (1835), Alejandro Lacassagne (1889), Paul Jeseride (1893) y Victor Balthazard, figuran como los iniciadores en esta disciplina. De todos ellos Balthazard "fue el primero en formular la nomenclatura de los diversos elementos del arma que imprimen su huella en la bala o en el casquillo y observó que incluso en la fabricación en serie y con el mismo utillaje, su aspecto varia hasta el punto de permitir la identificación.

OBJETIVO

Realizar una compilación de las técnicas más usadas en la determinación de restos de deflagración por disparo de arma de fuego, a modo de comparar las sensibilidades y por lo tanto la confiabilidad de cada una de ellas en la determinación de culpabilidad. Aportando con ello la información necesaria para determinar si la prueba de absorción atómica es la más confiable para ser aplicada en los laboratorios de criminalística.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que las armas de fuego son ampliamente usadas en hechos delictivos, es necesario contar en el laboratorio de criminalística con las técnicas más sensibles a la determinación de restos de deflagración de la pólvora o cualquier otro material de proyección contenido en un cartucho a modo de determinar con cierto grado de confiabilidad si un individuo detonó o no un arma de fuego. De este modo se reunió la información necesaria para respaldar que la técnica más aplicable en los laboratorios de criminalística es la de absorción atómica.

HIPOTESIS

Debido a que México es un país tercermundista en el que en la realidad no se cuenta con el apoyo económico necesario para equipar los laboratorios de criminalística con la tecnología de punta como lo sería la que requiere la técnica de activación de neutrones; se cree que la técnica más fácilmente aplicable y al alcance de muchos laboratorios que examinan restos de deflagración de armas de fuego es la absorción atómica. Por lo que ésta técnica puede ser usada en dicho análisis aportando confiabilidad a los resultados.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Todo laboratorio de criminalística debe contar con técnicas sensibles, confiables y lo mas económicas posibles para determinar los restos de la deflagración de armas de fuego que hayan sido usadas en delitos. Es por eso que este trabajo pretende realizar una compilación de las técnicas, exponiendo sus ventajas y desventajas así como una comparación de las sensibilidades a modo de determinar si la técnica de absorción atómica cumple con las características antes mencionadas, a modo de ser una técnica que permita disminuir el índice de falsos negativos y con ello colaborar de una forma mas confiable con el esclarecimiento de delitos.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La principal limitación del presente estudio recae en el hecho de que se trata de una investigación meramente documental, por lo que no fue posible plantear un experimento en el cual se tuvieran variables controladas y permitiera con esto comparar los resultados y sensibilidades de algunas de las técnicas que aquí se mencionan.

TIPO DE INVESTIGACION Y PROCEDIMIENTO

El tipo de investigación llevada a cabo fue del tipo documental, teniendo como principales fuentes de información libros y artículos de revistas de criminalística y balística interna.

MARCO TEORICO

BALISTICA

La balística, en general es definida por el diccionario de la lengua española en los siguientes términos: “Ciencia que tiene por objeto el calculo del alcance y dirección de los proyectiles”. Sin embargo la balística forense es decir la aplicada a la criminalística puede definirse como:

“Ciencia dedicada al estudio de balas, cartuchos y armas, en los casos de homicidio y lesiones personales”.

“Ciencia que estudia los movimientos de los proyectiles, dentro y fuera del arma”.

“Es la ciencia y arte que estudia integralmente las armas de fuego, el alcance y dirección de los proyectiles que disparan y los efectos que producen”.

La balística forense “comprende el estudio tanto de las armas de fuego como de todos los demás elementos que contribuyen a producir el disparo, y también los efectos de este dentro del arma, durante la trayectoria del proyectil y en el objetivo”.

PARTES DE LA BALISTICA FORENSE

La balística forense se divide en:

- Balística interior.
- Balística exterior.
- Balística de efectos.

Balística interior: Se habla de “interior” al estudio de los fenómenos que se dan en el interior del arma, a partir del momento en que la aguja percusora hace contacto con el iniciador o fulminante y se produce una cadena de acontecimientos:

- 1) Por percusión se produce la combustión del alto explosivo que contiene la cápsula iniciadora.
- 2) La o las lenguas de fuego que esta proyecta hacia el interior de la vaina en donde se encuentra la carga de proyección (pólvora), hacen que ésta deflagre con la correspondiente generación de calor y gases.

- 3) La deflagración de la pólvora y la generación de gases actúan de tal manera que la bala, parte de la unidad de carga y sale por la boca del cañón.

Balística exterior: Se denomina así a la serie de fenómenos y acciones que se producen en el proyectil a partir del momento en que abandona el cañón de un arma generalmente hasta que hace contacto con un blanco, sea éste el deseado o accidentalmente encontrado.

Balística de efectos: Estudia los daños producidos por el proyectil sobre el blanco u otro objeto que el azar determine. Es en esta parte donde se ocupa en mayor grado el auxilio de otras ciencias como la Medicina Forense.

ARMAS DE FUEGO

Concepto:

Reciben esta denominación todas aquellas maquinas térmicas, capaces de proyectar cuerpos específicos a gran distancia y con gran precisión, usando la energía y gases producto de la deflagración de la pólvora.



Fig 1. ARMA DE FUEGO

Clasificación:

Las diferentes legislaciones de los diferentes países, en cuanto a uso, portación y producción de armamento hacen que se presenten diferentes clasificaciones de armas. En el desarrollo del presente trabajo se toma en cuenta la clasificación descrita en el Manual de Criminalística del Colombiano Maza Márquez.

POR EL SISTEMA DE ENCENDIDO:

Avancarga:

- Cañon de mano.
- Llave de mecha.
- Llave de chispa.
- Llave de percusión.

Retrocarga:

- Lefauchaux.
- Fuego anular.
- Fuego central.

Pistolas:

- De un cartucho.
- Repetición.
- Semiautomáticas.
- Automáticas.

Revólver:

- Acción simple.
- Doble acción.
- Semiautomáticos.

PORTATILES**Cortas:**

- Pistolas ametralladoras.
- Automáticas.
- Semiautomáticas.
- Mixtas.

Largas:

- Escopetas – Semiautomáticas.
- Repetición.
- Tiro simple.
- De un cañón.
- De dos cañones o más.

Fusiles:

- De un tiro.
- De repetición.
- Semiautomáticos.

- Automáticos.

Carabina:

- De repetición.
- Semiautomática.
- Automática.

DE ARTILLERIA

Cañón:

- Ligero.
- Mediano.
- Pesado.

Mortero:

- Ligero.
- Mediano.
- Pesado.

DE PROPULSION

- Misiles, proyectiles balísticos.
- Teledirigidos o cohetes.

POR TRAYECTORIA

- Balísticos.
- Semibalísticos.
- No balísticos.

POR LA FINALIDAD DEL COMBATE

- Ofensivos.
- Defensivos.

POR SU MISION

- Estratégicos.
- Tácticos.

POR SU APLICACIÓN

- Bélicos.
- De investigación.
- Impulsores de satélites y aeronaves.

POR SU LANZAMIENTO U OBJETIVO

- Tierra – Tierra.
- Tierra – Agua.
- Tierra – Aire.
- Agua – Tierra.

- Agua – Agua.
- Agua – Aire.
- Aire – Tierra.
- Aire – Agua.

CARTUCHERIA

Concepto:

Generalmente se entiende como cartucho a la “unidad de carga” de un arma de fuego. El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española refiere: “Carga de un arma de fuego, encerrada en un cilindro metálico o de cartón”. De las dos maneras la explicación refiere a un solo cuerpo de varios componentes, destinado a la alimentación de un arma de fuego. El Cartucho comúnmente es concebido como un contenedor múltiples proyectiles, en cambio se usa el nombre de casquillo para el correspondiente al proyectil único o bala.

Clasificación:

- Por el numero de proyectiles: Múltiples y Únicos
- Por el sistema de percusión:
 - Cartuchos de percusión central: son aquellos con el fulminante ubicado en el centro del culote de la vaina.
 - Cartuchos de percusión periférica o anular: son aquellos en que la sustancia fulminante está ubicada en la periferia del culote.
 - Cartuchos de percusión lateral: están caracterizados por poseer una púa o pivote en la porción lateral de la vaina próxima al culote.

Componentes:

- **Casco o casquillo:** Se encuentra en acero, latón (aleación 70% cobre y 30 % zinc), cartón prensado, plástico duro y aluminio, éste ultimo puede llevar un tratamiento protector en el exterior como el barnizado o cobreado. Su función es permitir que el resto de los componentes tengan su lugar y se encuentren reunidos. El especial ajuste de la bala se realiza para impedir que ella se introduzca en el interior del arma, para retardar la salida del proyectil y dar mayor oportunidad a los gases de ejercer toda su presión y para que el proyectil logre el impulso necesario para iniciar y mantener su vuelo en el espacio. Los casquillos se han diseñado en determinados calibres destinados a usos específicos. Cabe destacar que recibe el nombre de cartucho solo

cuando contiene a los demás componentes, pues cuando queda únicamente el cilindro recibe el nombre de casquillo.

➤ **Bala o proyectil:** Como **bala** se concibe a todo aquel proyectil disparado por un **arma de fuego** y un **proyectil** es simplemente un cuerpo sólido que al ser lanzado alcanza un objetivo. En un alto porcentaje las balas son fabricadas en metales livianos y aleaciones; para el efecto varían en forma, dimensiones, peso y presentación dependiendo del uso. La evolución histórica de las balas estuvo condicionada, y de alguna manera lo sigue estando hasta tiempos modernos debido a lo siguiente:

- La necesidad de que las armas se carguen con facilidad y en el menor tiempo posible.
- La necesidad de aumentar y lograr precisión y eficacia de tiro con relación a un objeto determinado.

Anteriormente las balas presentaban características esféricas o por lo menos redondeadas, hoy son cilíndricas o cilindro – ojivales. Las balas únicamente de plomo han sido reemplazadas por modernos adminículos de alma de plomo recubiertos de ferrocobre, ferroniquel o ferroacero, dando origen a los proyectiles blindados, semiblandados, deformables a cualquier resistencia y por lo tanto letales totalmente.

➤ **Carga fulminante o iniciador:** Es llamado también estopín contiene en su interior un explosivo muy poderoso o alto explosivo, que detona por percusión y da fuego a la carga de proyección, iniciando de esta manera la reacción química que impulsa a la bala para que se convierta en proyectil.

Dentro de los explosivos iniciadores se encuentran:

- Azida de plomo
- Fulminato de mercurio
- Trinitrorresorcinato de plomo
- Carburo cuproso
- Nitroacetiluro de plata.

Actualmente las mezclas fulminantes son del tipo orgánico para prevenir la corrosión y dentro de los principales componentes se encuentran:

- Goma arábica
- Nitrato de sodio

- Ácido nítrico 95%
- Ácido sulfúrico
- Sulfuro de amonio
- Oxido de magnesio
- Nitrato de plomo
- Polvo de aluminio
- Resorcinol.

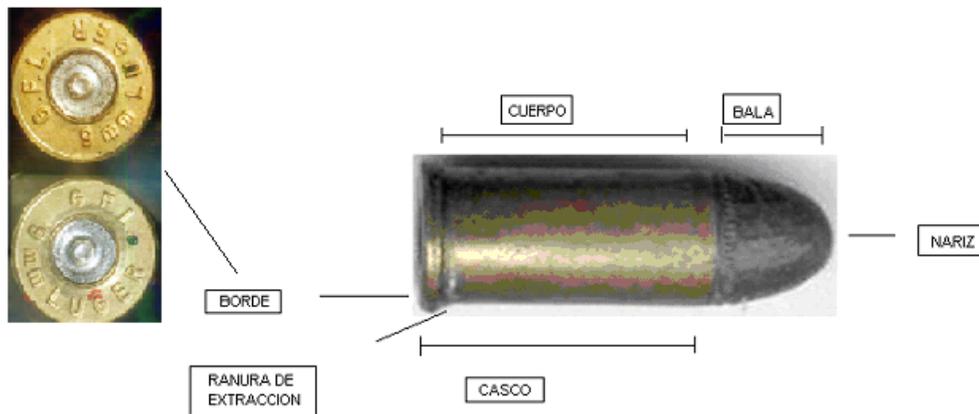


Fig 2. CARTUCHO

MEZCLAS DE INICIACIÓN:

Dentro de las más empleadas se tienen el eleyprime, el mixto trinitrorresorcinato de plomo y el mixto fulminato de plomo.

Eleyprime

Es considerado no corrosivo y entre sus componentes destacan:

- Oxido de plomo
- Nitrato de bario
- Tetraceno
- Sulfuro de calcio
- Ácido estifnico.

Mixto trinitrorresorcinato de plomo

Dentro de sus componentes se encuentran:

- Una mezcla primaria compuesta por sulfuro de antimonio y nitrato de bario
- Trinitrorresorcinato de plomo

- Tetraceno
- Un aglutinante (goma arábica como solución)
- Polvo de aluminio

Mixto fulminato de mercurio

Esta mezcla contiene:

- Nitrato de potasio
- Tiosulfuro de antimonio
- Fulminato de mercurio.

➤ **Carga propulsora (carga de proyección):** Es el material que con su deflagración libera la energía y gases necesarios para impulsar a las balas. Durante el siglo XIV, se empieza a usar a la pólvora con sus reales propiedades de generadora de gases, temperatura y presión para el lanzamiento de proyectiles a través de tubos metálicos.

Así desde un punto de vista didáctico, las pólvoras se pueden clasificar en *negras* y *sin humo*.

Pólvoras negras

Las pólvoras negras están compuestas de salitre o nitrato de potasa (78%), carbón (12%) y azufre (10%). Ahora bien, atendiendo al número de granos por unidad se dividen en pólvoras de grano grueso, de grano fino y de caza. La pólvora de grano grueso se quema más despacio que la de grano fino, por lo tanto, es menos violenta en su deflagración y más progresiva para impulsar proyectiles pesados. Por otra parte los granos más gruesos presentan mayor resistencia a la combustión. En el caso de las pólvoras de caza, con el fin de aumentar la inflamabilidad y aumentar la cantidad de calor desarrollado, se utiliza el denominado carbón rojo, que contiene mayor cantidad de hidrogeno haciéndolo mas activo. La mayor o menor potencia explosiva de este tipo de pólvoras radica no en la clase de componentes, ya que son los mismos, sino en su dosificación y granulado. En lo que respecta al granulado se tiene:

- Numero 0, de 650 a 950 granos por gramo
- Numero 1, de 2000 a 3000 granos por gramo
- Numero 2, de 4000 a 6000 granos por gramo
- Numero 3, de 8000 a 12 000 granos por gramo
- Numero 4, de 20 000 a 30 000 granos por gramo.

Pólvoras sin humo o piroxiladas.

Actualmente son las más comúnmente utilizadas en las armas de fuego, ya que reúnen condiciones que ofrecen mayores ventajas tanto para la efectividad en el tiro, como para la conservación de las armas.

Se les denomina piroxiladas porque se obtienen mediante el ácido nítrico al actuar sobre sustancias que contienen celulosa.

Las más comunes pólvoras piroxiladas son la M y la T, cuyas respectivas formulas son las siguientes:

Pólvora M	Pólvora T
Nitrocelulosa 71%	Nitrocelulosa 98%
Nitrato de bario 20%	
Nitrato de potasio 5%	Difenilamina 2%
Alcanfor 3%	
Gelosa 1%	

Como se puede observar la base de las pólvoras piroxiladas o sin humo s la nitrocelulosa y la nitroglicerina, a las cuales se suelen mezclar componentes no explosivos, como también componentes que disminuyen la temperatura y rapidez de la combustión.

Actualmente se consideran las pólvoras de una base y de doble base. En el caso de las de una base el componente principal es la celulosa tratada con el ácido nítrico que forma la nitrocelulosa. La nitroglicerina y la nitrocelulosa pueden mezclarse con acetona en otra formula, para formar cuerdas produciendo una pólvora denominada cordita. A esta y a sus sucesoras se les conoce como pólvoras de base doble. La composición básica de las pólvoras de base doble es la siguiente:

- Nitrocelulosa
- Alcohol etílico
- Difenilamina
- Carbonato de calcio
- Dibutilftalato
- Sulfato de potasio
- Ftalato de butilo
- Nitrato de potasio
- Dinitrotolueno
- Acetona
- Nitroglicerina
- Nitroguanidina
- Grafito.

ANALISIS DEL DISPARO

Generalmente cuando se detona o dispara un cartucho de un arna de fuego, una cantidad de vapores y partículas son expelidas alrededor del arma, a lo que se le conoce como residuos de la deflagración.

Los métodos empleados para determinar si un individuo detonó un arma de fuego, están basados en el análisis de dichos residuos, que generalmente suelen encontrarse en ropa, cara, manos e incluso pelo.

Los residuos de disparo de un arma de fuego pueden provenir del fulminante, de la mezcla de la carga de pólvora, de los lubricantes o bien de los metales que se encuentran alojados en el anima del cañón, en la bala, encamisado de la bala y en la cubierta del casquillo.

La formación de los residuos se da por la ignición de la mezcla del fulminante, así los componentes tanto orgánicos como inorgánicos se unen al vapor y después se condensan en forma de partículas de diferentes tamaños y formas de entre las que predominan las esféricas.

Al disparar un arma de fuego se producen dos conos de deflagración, uno anterior y otro posterior que contienen elementos que se consideran constantes, siendo los siguientes los más comunes:

Elementos constantes en los conos de deflagración anterior y posterior	
Elemento constante	Procedencia
Humo y gases	Proceden de los granos de pólvora que se combustionan completamente.
Elementos de bario	Fulminante
Elementos de plomo	Bala
Elementos de antimonio	Fulminante
Elementos de cobre y acero	De la bala cuando tiene cubierta de ese material
Derivados nitrados	Carga de pólvora del cartucho

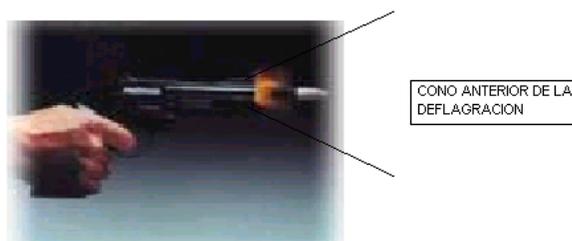


Fig 3. CONO DE LA DEFLAGRACION

SECUENCIA DE UN DISPARO

- 1.** La aguja del percutor golpea la cubierta del fulminante, esto produce el encendido del explosivo iniciador, generando fuego el cual proporciona la energía para la combustión de la pólvora.
- 2.** Se inicia la combustión cuando el fuego pasa a través del oído del yunque y llega hasta donde se encuentra la pólvora.
- 3.** La ignición de la pólvora produce gases que al tratar de escapar encuentran salida hacia el frente haciendo que la bala adquiera movimiento.
- 4.** La bala al salir es acompañada por estos gases que generan los dos conos (anterior y posterior) de la deflagración.
- 5.** Se genera la impregnación de las partículas en manos, cara, pelo o ropa de quien disparó el arma.

METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR LOS RESTOS DE LA DEFLAGRACION.

PRUEBA DE LA PARAFINA.

Actualmente en desuso esta técnica 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.

Ventajas

- En su tiempo constituía el único método capaz de recabar información necesaria acerca de la presencia de restos de la deflagración de pólvora proveniente de un arma de fuego.
- Los reactivos eran de fácil obtención.

Desventajas

- Los reactivos químicos que se utilizan no son específicos para los compuestos nitrados provenientes de la deflagración de un arma de fuego, pues reaccionan genéricamente con los compuestos nitrados e inclusive con sustancias que sin ser nitradas son eminentemente oxidantes.
- Reporta un alto porcentaje de falsos positivos, muy probablemente en virtud de la elevada posibilidad de maculación con sustancias nitradas del medio ambiente.
- Reporta con frecuencia falsos negativos, aun en aquellos casos en que se aplica la técnica poco tiempo después de haber disparado un arma de fuego.
- Irritación de la piel a causa de los reactivos empleados.

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, elementos que son expulsados en el preciso momento de accionarla. Tal identificación es posible en virtud de la coloración que resulta de la reacción química entre la sustancia de referencia y los elementos señalados, que son parte integrante de los cartuchos, a saber: plomo del proyectil y bario del fulminante.

Material y equipo

- Fragmentos de tela blanca de algodón de 2 x 2 cm.
- Goteros
- Portaobjetos
- Acido clorhídrico
- Rodizonato de sodio
- Bitartrato de sodio
- Acido tartárico
- Agua destilada
- Microscopio estereoscópico.

Reactivos

- Solución de acido clorhídrico al 1%
- Solución buffer pH = 2.79
 - Bitartrato de sodio 1.9 g
 - Acido tartárico 1.5 g
 - Agua destilada c.b.p. 100 mL
- Solución reciente de rodizonato de sodio al 0.2 %

Método

- Humedecer la tela con dos gotas de ac. Clorhídrico al 1 %

- Limpiar con fragmentos de tela diferentes tanto la región dorsal como la palmar de cada mano, fundamentalmente las zonas anatómicas más susceptibles de maculación.
- Colocar los fragmentos de tela en portaobjetos
- En la parte de cada fragmento de tela que se utilizó para hacer la limpieza, adicionar dos gotas de la solución buffer
- Adicionar dos gotas de solución de rodizonato de sodio, en cada fragmento de tela tratado previamente
- Observar microscópica y microscópicamente los fragmentos de tela.

Interpretación.

- Si al desaparecer la coloración amarilla del rodizonato de sodio se observa coloración rosa marrón, la prueba es positiva para bario.
- Si se observa color rojo escarlata, la prueba es positiva para plomo
- Si se observa una mezcla de ambos colores, la prueba es positiva para plomo y bario.
- Si no se observa ninguna coloración de las indicadas la prueba es negativa.

Ventajas

- La sensibilidad para bario es de 0.25 microgramos de bario en una dilución límite de 1: 200 000
- La sensibilidad para plomo es de 0.1 microgramos de plomo en dilución 1 : 5000 000.
- Es una prueba calorimétrica de fácil aplicación
- Se ha revelado satisfactoria para la detección tanto de bario como de plomo, incluso cuando dichos elementos se encuentran juntos.

Desventajas

- El resultado positivo puede depender de la fuga de gas en el arma llegando a presentarse falsos negativos.

PRUEBA DE WALKER

Esta prueba tiene por objeto identificar la presencia de nitritos en la ropa, alrededor del orificio de entrada del proyectil de arma de fuego, a fin de determinar si el disparo fue próximo o a una distancia tal que no permita la maculación por la pólvora.

Material y equipo

- Plancha eléctrica
- Papel fotográfico azo o kodabromide, grado 2 o 3.

Reactivos

- Acido sulfanílico al 0.5% en agua destilada
- Alfa – Naftilamina al 0.5% en alcohol metílico
- Acido acético al 25 % (v/v) en agua.

Método

El papel fotográfico se desensibiliza en una solución de hiposulfito, durante tres minutos. Después se lava durante tres minutos, y finalmente se deja secar. A continuación, se procede a aplicar sobre su superficie gelatinosa la solución de acido sulfanílico, cuidando de que se distribuya uniformemente en toda la superficie. Para lograr este resultado se aplica la solución con un algodón embebido. Una vez que esta se ha secado, se procede a untar la solución de alfa-naftilamina. En esta forma queda preparado el papel fotográfico, siendo recomendable hacerlo momentos antes de hacer la prueba.

A continuación se procede de la siguiente forma:

- Sobre una mesa se coloca el papel fotográfico con la superficie gelatinosa hacia arriba.
- La parte problema de la prenda de vestir se pone sobre la superficie gelatinosa de papel fotográfico
- Con un lápiz de grafito se marca en el papel fotográfico el orificio dejado por el proyectil.
- Sobre la prenda, se coloca un lienzo delgado y limpio previamente humedecido en la solución de acido acético.
- Al lienzo humedecido se le sobrepone otro igual, pero seco.
- Con la plancha tibia se presiona toda la superficie del lienzo seco, durante 5 o 10 minutos.
- Finalmente, se retiran con cuidado todos y cada uno de los objetos que se colocaron sobre el papel fotográfico.

Interpretación

- La prueba se considera positiva cuando se observan en el papel fotográfico puntos de color rojizo o rosado, los cuales, según a la que se haya hecho el disparo, varían en tamaño, número y distribución.

Ventajas:

- La reacción química que se efectúa entre la alfa-naftilamina y el ácido sulfanílico con los nitritos es altamente específica, en virtud de que ningún otro radical produce esta reacción. Por lo tanto no es posible obtener falsos positivos.

Desventajas

- Daniel Graham hace la objeción de que las fibras de algunos tipos de ropas reaccionan con los reactivos químicos utilizados, enmascarando por lo tanto los resultados.

ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA SIN FLAMA

Esta técnica se ha usado con el fin de identificar, plomo, bario y antimonio en las zonas más frecuentes de maculación producidas más frecuentemente por un arma de fuego. Esta técnica está basada en la absorción a diferentes longitudes de onda, las cuales son características para estos elementos en sus diferentes estados atómicos. Es un método fácil y su sensibilidad está muy cercana e incluso es comparable con la de activación de neutrones.

Algunos investigadores que usaron espectrofotometría de flama encontraron que no era posible detectar concentraciones menores a microgramos de bario y antimonio; por esta razón se usa la espectrofotometría sin flama y con horno de grafito, la cual es capaz de detectar y cuantificar el antimonio no siendo así en la detección de bario, ya que este elemento reacciona con el grafito formando el carburo correspondiente. Este compuesto presenta un punto de fusión cercano a los 3000° C y en virtud de que los atomizadores normales cuentan con una temperatura máxima de calentamiento de 2700°C, no es posible vaporizarlo totalmente, razón por la cual los resultados que se obtienen carecen de veracidad.

Fue hasta el año de 1973 cuando Renshaw sugirió el empleo de una banda de tantalio integrada al tubo de grafito, con el fin de prevenir la formación de carburos e incrementar la sensibilidad para los elementos sujetos a estudio, obteniendo excelentes resultados.

Material y equipo

- Hisopos de algodón
- Tubos de ensayo

- Cinta adhesiva
- Tanque de argón de alta pureza
- Micropipetas de 10uL
- Espectrofotómetro de absorción atómica.

Reactivos

- Agua desionizada
- Acido nítrico 1M
- Soluciones estándar en acido nítrico 1N de:
 - Plomo: 1000 ppm
 - Bario: 0.5 ug/mL
 - Antimonio: 1.0 ug/mL

Método

- Limpiar la zona de maculacion de la mano derecha e izquierda (región palmar y región dorsal) con el hisopo humedecido previamente con acido nítrico 1M.
- Colocar cada uno de los hisopos en los tubos de ensaye que han sido marcados previamente.
- Extraer los elementos metálicos contenidos en los hisopos adicionando 2 mL de acido nítrico 1M.
- Agitar durante 15 o 20 minutos y filtrar.
- El hisopo se desecha y el líquido sobrenadante se utiliza para el estudio.
- Tomar una alícuota de 10 uL e inyectarlos sobre la banda de tantalio.
- Se programa el equipo según cada modelo.
- Se inyectan 10 uL de las soluciones estándar de plomo, bario y antimonio.
- Se toman las lecturas, para plomo a 283.3 nm, para bario a 553.6 nm y para antimonio a 217.9 nm.
- Se tratan los blancos y muestras exactamente igual que como se indicó anteriormente.

Interpretación

- La prueba se considera positiva cuando los elementos se encuentran entre los siguientes límites:

Elemento	Limite mínimo	Limite máximo
Bario	0.3 ppm	3.35 ppm
Antimonio	0.2 ppm	3.86 ppm
Plomo	0.7 ppm	3.34 ppm

- Una prueba negativa será aquella en que los elementos no alcancen el límite mínimo indicado.
- Cuando la concentración de las partículas metálicas analizadas sobrepasa el límite máximo, será indicativo de que existe contaminación por causas ajenas a un disparo por arma de fuego, por lo que se considerará un aprueba falsa positiva.
- Una prueba falsa negativa se obtendrá cuando las muestras de las manos del presunto responsable sean tomadas ocho horas después de haber sucedido el hecho.

Ventajas:

- Posee una elevada sensibilidad comparable con la técnica de activación de neutrones
- Genera baja incidencia de falsos positivos

Desventajas:

- Si se aplica unas cuantas horas después de haber disparado un arma de fuego, la incidencia de falsos negativos es enorme, llegando esto al máximo en ocho horas.

ANALISIS POR ACTIVACION 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 disparo un arma de fuego. Estos elementos, al transformarse en radioactivos, emiten rayos gamma de longitudes de onda perfectamente definidas, permitiendo su identificación y cuantificación por las características del espectro.

Ventajas:

- Posee una muy elevada sensibilidad y por ende una muy baja incidencia de falsas positivas.

Desventajas:

- Si no se aplica pocas horas después de efectuado el disparo, la incidencia de falsos negativos es muy alta.

MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO CON ESPECTROMETRIA DE RAYOS X

En esencia el procedimiento consiste en que con 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.

Ventajas:

- Actualmente son numerosos los laboratorios que cuentan con la aplicación de microscopia electrónica y espectrofotometría de rayos x por lo que ya no es tan inaccesible esta técnica.

Desventajas:

- Complicada aplicación, lo que requiere un lugar especial y eso genera costos elevados.

ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a la información recabada, tres son las técnicas que hoy en día resultan ser confiables por la sensibilidad que presentan, estas son la absorción atómica, activación de neutrones y la prueba de microscopia electrónica de barrido con espectrometría de rayos x. De estas pruebas la absorción atómica y la activación de neutrones la literatura comenta que presentan sensibilidades muy similares e incluso comparables, sin embargo la absorción atómica no requiere de un reactor nuclear y por ende no genera desechos radioactivos difíciles de tratar, características que hacen que esta prueba sea fácilmente adaptable a los laboratorios de criminalística ya que económicamente no requiere los gastos de mantenimiento que la activación de neutrones y es una prueba que aporta sensibilidad y especificidad.

CONCLUSION

Por ser de fácil realización, moderadamente costosa, confiable y alcanzar sus resultados un razonable margen de seguridad, se recomienda aplicar la prueba de absorción atómica. Sin embargo se debe recordar que una reacción negativa no permite eliminar la posibilidad de que un arma de fuego haya sido disparada, toda vez que las armas de mecanismo cerrado pueden no dejar residuos de descarga.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Moreno González R. L.(1987). **Balística forense**. 4ª. Ed; Porrúa; México D.F..
- Villavicencio Ayala M. J. (1976) **Procedimientos de investigación criminal**. 2ª Ed. Limusa; México D. F.
- Harrison H.C. and Gilroy R. (1959) **Firearms discharge residues**. J Forensic Sci. 4(2): 185 – 198.
- Bender T. G. (1992) **Métodos instrumentales de análisis en química clínica**. Acribia. España.
- Dillon J. H. (1990) **The sodio Rhodizonate test: A chemicalspecific chromophoric test for lead in gunshot residue**. AFTE Journal, 22(3): 243 – 250
- Basu S **Formation of gunshot residues**. (1982) J. Forensic Sci. (27) 72 – 91.
- Robinson J. W. **Atomic absorption spectroscopy**, (1975); 2a. Ed Marcel Dekker, Inc. New York.
- Velasquez Vaquero M. G. , Perez Vega **Fundamentos del análisis farmacéutico**. F.E.S. Zaragoza U.N.A.M.
- Wolten G. M, Nesbitt C. A. R, Loper G. L, Jones P. F. **Particles analysis for the detection for the gunshot residue (I- III)** , J. Forensic Sci. 1979; 24(2): 409- 423.
- Wolten G. M, Nesbitt C. A. R, Loper G. L, Jones P. F. **Particles analysis for the detection for the gunshot residue (I- III)** , J. Forensic Sci. 1979; 24 (4): 964 – 970.
- Di Maio V. J. M. **Heridas por arma de fuego**. Ed La roca, Buenos Aires; 1990.
- Barquera TL **Manual de balística básica**. Ed Ateneo, Mexico D.F. , 1968, pp 12 , 13.
- Picatinny Arenal. **Enciclopedia of explosive and related ítems**. Dover, New Jersey. USA 1970.

- Martínez Perez V. M. **Estudio de diferentes explosivos iniciadores y su aplicación en la producción de capsulas en la fabrica de cartuchos del D I M** Tesis profesional Escuela Militar de Ingenieros 1989
- Watson D. J. **Nitrites examination in propellant powder residence**. AFTE Journal, 1979; 11: 1- 32.
- Stone I. C, Petty C. S. **Examination of gunshot residues**. J. Forensic Sci. 1974, 19(4): 784 – 788
- Butler D. F. **Unites Sstates Firearms: The first century 1776 – 1875**. New York: Winchester Press; 1971.
- Gary T. Bender **Métodos instrumentales de análisis en química clínica**. Ed Acribia S. A Zaragoza España. 1992, pp 145 – 153.
- Newton J. T. **Rapid determination of antimony, barium and lead in gunshot residue via automated atomic absorption spectrophotometry**. J. Forensic Sci. 26(2) 1981: 302 – 312.
- Castellanos I. **La prueba de la parafina**, Tomo I Ed Jesus Montero. La Habana; 1987: pp 13.
- J. Robinson **The use of X ray techniques in forensic investigations**, Churchill Livingstone, Londres: 1979, pp 114.
- Connors K. A. **A textbook of pharmaceutical analysis**, 2a Ed ,John Wiley and Sons; Inc. New York, 1975: pp 156 – 168.
- Robinson, J. W. **Atomic absorption Spectroscopy**, 2a Ed; New York; Marcel Dekker, Inc. 1975: pp 234 – 238.
- Day, R. A. Jr and Underwood A. L. **Quantitative analysis**. Prentice Hall. New Jersey. 1991: 115 – 120.
- Skoog, D. A. West, D. M. y Holler , F. J. **Fundamentos de química analítica**, Editorial Reverté. S. A. Barcelona. 1997: pp 256 – 259.