



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"COMBINACION DE LAS TECNICAS DEL RODIZONATO  
DE SODIO Y DE LA DIFENILAMINA EN LA  
PRUEBA PARAFINOSCOPICA"

T E S I S

Que para obtener el título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a :

SALVADOR BENITEZ MIRANDA

Año 1980

M-21637



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.

**Mis agradecimientos:**

**Al C. General de División**

**ARTURO DURAZO MORENO**

**Director General de Polí-  
cía y Tránsito del D.F. -  
por haber permitido la --  
realización de este traba  
jo.**

**Al C. Profesor y Coronel  
DANIEL MOLINA MIRANDA**

Mi sincero reconocimiento:

Al Maestro CESAR DOMINGUEZ CAMACHO

por su atinada dirección y colaboración en la realización del presente trabajo.

A MIS PADRES:

con mi más profundo -  
respeto y admiración.

A TEODORA y a MIS HIJOS

por darme su apoyo y --  
comprensión.

A mis hermanos

A Tere con mucho cariño

A mis maestros

A mis amigos y compañeros

---

C O N T E N I D O :

|                                      | Pág. |
|--------------------------------------|------|
| I.- INTRODUCCION .....               | 1    |
| II.- GENERALIDADES .....             | 5    |
| III.- METODOS Y PROCEDIMIENTOS ..... | 48   |
| IV.- RESULTADOS .....                | 64   |
| V.- CONCLUSIONES .....               | 89   |
| VI.- BIBLIOGRAFIA .....              | 92   |

## I. I N T R O D U C C I O N

Desde que el hombre empezó a fabricar armas de fuego, - una de sus diversas aplicaciones fue la de utilizarlas para lesionar a sus semejantes, a partir de este momento, los encargados de impartir justicia se formularon la siguiente pregunta: ¿Quién disparó el arma de fuego con la que se lesionó a una persona o se cometió un homicidio?

En un principio, quienes auxiliaban a los jueces con el fin de contestar tal cuestión, recurrían a la identificación de las características organolépticas de la pólvora deflagrada, a saber: olor y ahumamiento, examinando meticulosamente las manos de quien se sospechaba había disparado un arma de fuego, así como el arma problema.

→ Aproximadamente desde hace 50 años y hasta la fecha, (1) la prueba parafinoscópica se ha empleado para determinar si - una persona ha disparado recientemente un arma de fuego y su resultado aunque no sea tomado como una evidencia, sirve para orientar el criterio de las personas que imparten justicia y así poder sentenciar al presunto responsable de un homicidio o un asalto con o sin lesiones. También se aplica en la investigación de suicidios en los cuales se haya empleado un - arma de fuego y en general es requerida en cualquier delito -

en el que esté implicado el uso de armas de fuego.

Es ampliamente reconocido que cuando un arma de fuego es disparada, tanto residuos de pólvora como otros productos, pueden ser depositados dentro de los poros de la piel y sobre la mano que dispara.

Estos depósitos se deben al escape de gases que llevan una gran velocidad y presión, los cuales son expulsados por la boca del cañón o por la recámara de un arma automática y por el cilindro de un revólver cuando se hace un disparo.

Entre los componentes del residuo que salen junto con los gases, están los productos de la combustión de la pólvora como son: nitratos, nitritos y los componentes del fulminante que contienen Bario, Antimonio así como pequeñas cantidades de Plomo y Cobre que proceden de la bala y del fulminante.

→ La prueba de la parafina está basada en la determinación de nitratos y nitritos, que quedan como residuos de la deflagración de la pólvora proveniente del disparo de un arma de fuego, los cuales son extraídos y retirados de la mano, mediante el empleo de parafina fundida en forma de un guantelete, al cual se le aplica el reactivo de Lunge que consta de Difenilamina en Acido Sulfúrico, sustancias que reaccionan con los nitratos y nitritos dando una coloración azul intensa. Sin embargo, no es una prueba específica, porque la Difenilamina en ácido sulfúrico, puede reaccionar de igual manera con



otras sustancias oxidantes o que contengan compuestos nitrados ya sea orgánicos o inorgánicos.

En cuanto a la determinación de Plomo, Bario y Antimonio, se ha empleado la técnica de Harrison-Gilroy <sup>(2)</sup>, en la cual se utiliza como reactivo el Rodizonato de sodio que reacciona con el Plomo y con el Bario dando una coloración característica con cada uno de estos elementos.

El Antimonio se ha determinado con Yoduro de Trifenilmetilarsonio, desarrollándose una coloración naranja.

Aunque la prueba de la parafina es muy sensible, es poco específica, mientras que la prueba de Harrison-Gilroy es más específica pero menos sensible.

Actualmente, la prueba de la parafina ha sido muy criticada debido precisamente a su inespecificidad e incluso en muchos laboratorios ha dejado de emplearse.

Tomando en cuenta los datos anteriores, en el presente trabajo se ha hecho una combinación de las dos técnicas y se ha logrado realizar las dos reacciones sobre el mismo guantelete de parafina, con el fin de proporcionar a la prueba de parafina mayor sensibilidad y especificidad, en consideración a que se trata de una prueba que se realiza con bastante frecuencia en el campo de la Química Legal.

Recientemente se han empleado técnicas modernas (métodos físicos), para determinar residuos provenientes del dis

paro de un arma de fuego, entre los principales se pueden mencionar: "Análisis por Activación de Neutrones", <sup>(3)</sup> técnica que se empezó a aplicar desde 1964, la cual se basa en la detección de Bario y Antimonio provenientes del fulminante del cartucho, mediante su activación en un reactor nuclear (fuente de neutrones).

Estos elementos al transformarse en radiactivos, emiten rayos gamma de longitud de onda definida, lo cual permite identificarlos y cuantificarlos por las características del espectro.

A pesar de que este método es altamente sensible y específico, tiene las limitaciones de ser poco accesible debido a lo sofisticado y costoso del equipo, así como el inconveniente de manejar elementos radiactivos, por lo cual no es posible su uso rutinario.

Otro método que se ha venido empleando desde 1972, es la "Espectrofotometría de Absorción Atómica" <sup>(4)</sup> que sirve para detectar Plomo, Bario y Antimonio.

No obstante su alta sensibilidad y especificidad, además de que su costo resulta mucho menor que el del Análisis por Activación de Neutrones, no se aplica rutinariamente sobre todo aquí en México, ya que adquirir el equipo implica un gasto de cierta consideración.

## II. GENERALIDADES

### 1.- OBJETIVOS

### 2.- HISTORIA

2.1.- Prueba de la Parafina

2.2.- Prueba de Harrison-Gilroy

2.3.- Otros Métodos

2.3.1.- Activación de Neutrones

2.3.2.- Espectrofotometría de Absorción Atómica.

2.3.3.- Fotoluminiscencia

2.3.4.- Microscopía Electrónica.

2.3.5.- Difracción de Rayos X

### 3.- COMPOSICION QUIMICA DE POLVORAS

### 4.- COMPOSICION QUIMICA DE CARTUCHOS

## 1.- OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivos principales - los siguientes:

Es necesario contar con un método para determinar residuos provenientes del disparo de armas de fuego, que sea -- sensible, específico y rápido.

Este método debe reunir otras características, como -- sencillez y no requerir de equipo sofisticado o costoso para realizar los análisis, además, los resultados obtenidos deben ser confiables y proporcionarse en un período de tiempo corto.

El presente trabajo será de gran utilidad para investigadores, químicos y técnicos que laboren en el área de la - Química Legal.

También servirá como guía para futuras investigaciones ya que además de las técnicas que se emplean en este método, se ha recopilado información acerca de otras que son las más empleadas para determinar residuos provenientes del disparo de un arma de fuego.

## 2.- HISTORIA

### 2.1.- Prueba de Parafina

El uso de la parafina para extraer los productos nitra-- dos procedentes del disparo de un arma de fuego, para ser -- sometidos a los análisis microquímicos correspondientes, fue creado en Cuba <sup>(1)</sup> y ha sido el primer método más empleado -- para determinar si una persona ha disparado recientemente un arma de fuego.

La historia de la prueba de parafina se remonta hacia -- el año 1914, fecha en la que el jefe de policía de Cuba, --- Gral. Armando de la Riva, fue encontrado muerto en la Haba-- na. (1)

Durante el curso de la investigación para esclarecer es te hecho, se encontraron muchos problemas tales como: la --- identificación de armas de fuego y la pregunta era si los -- disparos habían sido hechos a corta distancia o no.

Los doctores José A. Fernández Benítez y Alfredo Basa-- rrate, profesores en el Laboratorio de Química Legal Cubano, a quienes les fueron entregados los pantalones de la víctima para su examen, procedieron de inmediato. El examen fue he cho primeramente en la perforación, bordes y proximidades de él, con una lupa, no logrando probar la existencia de resi-- duos azul-negro que son producidos por la pólvora quemada -- cuando el disparo es hecho a una distancia corta.

A pesar de este resultado negativo, se separaron unas --

cuantas fracciones pequeñas de tela, las cuales fueron puestas en agua destilada por espacio de tres horas, el líquido así obtenido, fue filtrado y sometido a la acción de los siguientes reactivos: Cloruro de Bario, Nitrato de plata y -- Acetado de Plomo, sin que revelaran la presencia de sulfatos ni sulfuros, que son productos residuales derivados de la combustión de la pólvora de un arma de fuego. Tampoco fue posible descubrir en el líquido, la presencia de pólvora negra (carbón), la cual es otro elemento que entra en la composición química de pólvoras de arma de fuego.

En vista de los resultados anteriores, los expertos reportaron que los bordes de la perforación en los pantalones examinados, la cual parecía haber sido producida por un proyectil de un arma de fuego, no mostraba la presencia de -- pólvora quemada.

El fiscal encargado del caso, refutó el dictamen de -- los peritos y designó a los doctores Gonzalo Iturrioz y Gastón Alonso Cuadrado para que prosiguieran la investigación. Estos investigadores consideraron que las pequeñas partículas o residuos de pólvora, no se adhieren a los materiales de lana, sólo son atrapadas entre las fibras de la tela, -- por lo tanto, pueden ser desalojadas con facilidad por cualquier medio mecánico; pero el temor de ellos era no encontrar suficientes partículas de pólvora en el uniforme del -- General de la Riva para hacer la demostración, debido al --

largo período de tiempo transcurrido. Sin embargo, el doctor Iturriez ideó un procedimiento consistente en el uso de una superficie plana de parafina como si fuera una esponja aplicada a la tela y aunque muy pocas partículas se adhieren a la superficie, en este caso fueron suficientes para producir la reacción con la solución de Difenilamina en ácido sulfúrico, con lo cual se demostró la presencia de productos nitrados.

Posteriormente a la introducción de esta prueba por el doctor Iturriez, otros científicos cubanos y mexicanos han participado en el perfeccionamiento de las técnicas de la prueba de parafina, las cuales han conducido a los métodos modernos tan usados universalmente.

Los doctores Gonzalo Iturriez y Alonso Cuadrado fueron expertos accidentales en el juicio resultante de la muerte del jefe policíaco de Cuba, después del juicio no volvieron a aparecer como peritos ante las Cortes de Cuba.

A continuación se resume en forma cronológica, la historia de la prueba de parafina de acuerdo con la bibliografía consultada sobre esta materia.

En 1909.- Chavigny (francés), en un caso de supuesto suicidio por medio del empleo de un rifle militar, empleó brucina para descubrir la presencia de nitratos.

En 1911.- Wellenstein y Kober, propusieron la Difenilamina

como un reactivo para la determinación de residuos de pólvora. Ellos hicieron experimentos -- disparando una pistola y establecieron que el residuo dejado por la explosión de la pólvora, podía ser revelado con Difenilamina y ácido sulfúrico concentrado.

En 1911.- Lochte de Cottinga, señaló durante la VII Convención de Medicina Legal en Alemania, que la reacción con la Difenilamina era positiva tanto con pólvora negra como con pólvora sin humo, ambas - usadas en armas de fuego.

En 1914.- El doctor Gonzalo Iturrioz de Cuba, creó un nuevo y simple método para la investigación de productos nitrados procedentes del disparo de un - arma de fuego, consistente no sólo en la aplicación de la Difenilamina como reactivo sino en el uso de una superficie plana de parafina y presionándola sobre la tela que tenía el orificio de - penetración de la bala, como si fuera una esponja, según consta en el reporte Núm. 1959 del Laboratorio de Química Legal de Cuba, fechado el - 6 de julio de 1914, que establece la introduc---ción del método entonces llamado "Impresión de - parafina" a la investigación criminal.

En 1922.- El doctor Fernández Benítez, publicó en la revista de Medicina Legal de Cuba, un artículo titula



do "Algunas consideraciones acerca de manchas -- producidas por la descarga de armas de fuego".

En 1924.- Strassman, sugirió que podía emplearse una placa de vidrio cubierta de parafina y presionarla sobre los materiales que contenían los residuos de pólvora, para que las partículas fueran adheridas a la superficie y efectuar allí mismo la --- reacción (1).

Este procedimiento se recomendaba en los casos - en que el color de la ropa dificultara la inves tigación, principalmente en los trajes negros u oscuros.

En 1931.- Teodoro González, introdujo por primera vez en Mé xico la prueba de la parafina, modificó la técni ca de Iturrioz, empleando parafina fundida en -- vez de sólida y aplicándola sobre el dorso de la mano por medio de una brocha.

Después que la parafina se solidificaba, el molde formado era removido de la mano y la reacción química se efectuaba en la superficie interna -- del molde, lo cual se asemeja al método moderno. (1)

En 1933.- Teodoro González de México, realizó por primera vez la prueba de la parafina en los Estados Unidos, haciendo demostraciones prácticas en el departamento de policía de Milwaukee, lo cual fue

descrito por el Sr. Kluchesky en uno de sus reportes. (1)

En 1937.- Israel Castellanos de Cuba, contribuyó al desarrollo de la prueba de parafina, introduciendo la ubicación de los sitios topográficos maculados por los residuos de pólvora (zona característica de disparo) y su verificación química. (1)

En 1939.- Israel Castellanos y R. Plascencia diseñaron y adaptaron la técnica para hacer guanteletes de parafina que, en resumidas cuentas, es un refinamiento de la técnica de Teodoro González de México. (1)

Como resultado de las modificaciones y perfeccionamiento de la prueba de la parafina, desde el año de 1939 la parafina ha sido fundida y con ella se hacen guanteletes de acuerdo con la técnica de Israel Castellanos y Plascencia.

En el Laboratorio de Química Legal de Cuba, de acuerdo con los datos de sus archivos, entre los años 1914 a 1941, se emplearon 63 bloques de parafina para atrapar residuos de pólvora dejados por el disparo de armas de fuego.

Junto con los adelantos, vino un incremento del uso de esta prueba, por lo que entre los años de 1936 a 1941 por ejemplo, se hicieron 1031 pruebas de parafina a 458 personas en el Laboratorio de Química Legal de Cuba.

En un principio, mientras reconocían el mérito de este procedimiento y francamente admitían la ignorancia de él, - los químicos dudaban de su eficacia a tal grado que algunos de ellos no podían ver la reacción a pesar de su alta sensibilidad y muchos permanecieron como espectadores, incrédulos de su creación e introducción a la investigación criminal.

Este procedimiento para investigar la presencia de nitratos y nitritos provenientes del disparo de un arma de fuego, en la actualidad ha alcanzado popularidad como la "prueba de la parafina", pero algunos autores consideran que debería ser designado como la "prueba Iturrioz" en honor de su creador.

Al principio la prueba de la parafina fue exclusivamente superficial, pues por simple presión de la parafina sobre la piel, se podían recoger las partículas de pólvora que pudieran estar adheridas a ella.

Actualmente la parafina es fundida y aplicada en forma de un guantelete, haciendo la prueba profunda o intradérmica y por esta razón se le conoce también como "prueba dermonitrato".

Cuba ha sido uno de los países que más han empleado la prueba de parafina, hasta el punto de que en el Laboratorio de Química Legal cubano se hicieron 100 pruebas en un solo día.

Sin embargo, la prueba de la parafina no es específica ya que la reacción de la difenilamina con los nitratos es - una reacción de óxido-reducción y por lo tanto cualquier -- sustancia oxidante puede dar la reacción positiva, por esta razón se le considera como una reacción general de identificación para nitratos y nitritos.

Como ejemplo de sustancias que pueden dar positiva la reacción con la Difenilamina, tenemos las siguientes: (8)

Nitrato de Amonio  
 Molibdato de Amonio  
 Acido Nítrico  
 Nitrato de Plata  
 Nitrato de Mercurio  
 Nitrato de Uranio  
 Nitrato de Potasio  
 Nitrato de Sodio  
 Fertilizantes  
 Hipoclorito de Sodio  
 Orina  
 Nitrito de Sodio  
 Nitrito de Potasio  
 Cenizas de cigarro, etc.

Estas sustancias han sido probadas por el Laboratorio del F.B.I. según consta en el Boletín de octubre de 1935, por este motivo el mencionado organismo de investigación cuestionó el uso de la prueba de parafina.

En E.U.A., en 1936, la prueba de parafina fue admitida por una Corte de Apelación, a pesar del testimonio presentado por la Defensa de que un experto había identificado por

Lo menos 13 sustancias comunes, que daban color similar al de los nitratos con la Difenilamina.

Como consecuencia de los estudios anteriores, la Suprema Corte de Colorado (E.U.A.) en 1959, declaró que la prueba de parafina resultaba inadmisibile como evidencia y en -- forma similar actuaron posteriormente otras Cortes de Apelación en los Estados Unidos. Sin embargo, algunas de ellas siguieron admitiéndola como evidencia.

Todas estas objeciones culminaron con lo expresado en el Primer Seminario que sobre Aspectos Científicos del Trabajo Policiáco celebró la Interpol en 1964, en dicho Seminario se consideró que la tradicional prueba de la parafina - no tenía ningún valor ni como evidencia para llevarla ante las Cortes, ni como segura indicación para el oficial de policia de que un individuo haya disparado un arma de fuego. Los participantes fueron de la opinión de que esta prueba - no deberfa seguirse usando.

Dos años después, en 1966, Mary E. Cowan y Patricia L. Purdon, en un estudio presentado en la Decimoctava Reunión Anual de la Academia de Ciencias Forenses, celebrada en Chicago Illinois, señalaron: "La evaluación crítica del tipo, sitio y número de reacciones obtenidas en guanteletes hechos a personas de las que se sabía habían disparado armas de fuego, y la comparación de las características en reacciones similares obtenidas en guanteletes de un grupo con--

trol de personas de las que se sabía o se presumía que no - habían disparado armas de fuego, no sirvió para establecer ninguna distinción significativa" (5).

Debido a todas estas críticas a la prueba de la parafina, en algunos Laboratorios Policíacos ha dejado de usarse.

## 2.2.- Prueba de Harrison-Gilroy

Una segunda prueba química empleada para identificar residuos procedentes del disparo de un arma de fuego, fue desarrollada en 1959 por los investigadores Harold C. Harrison y Robert Gilroy, esta prueba está basada en la detección colorimétrica de pequeñas cantidades de Plomo, Bario y Antimonio que quedan sobre la mano maculada de la persona que dispara. (2)/

Harrison y Gilroy se basaron en estudios preliminares - realizados en residuos procedentes del disparo de armas de - fuego, efectuados por otros investigadores, entre los más im- portantes podemos señalar los siguientes:

En 1952, Meyers trabajó en la identificación de Plomo, Bario y Antimonio en los residuos del fulminante, como parte de su investigación en la Universidad de Rhode Island. Probó el método tipo "contacto" empleado por Gutzeit para la detección de constituyentes metálicos en minerales.

En este método se empleaba papel fotográfico lustroso, del cual las sales de plata eran removidas, enseguida el papel era impregnado con un agente atacante, presionando en -- contacto con la superficie a ser probada y después revelando con un reactivo específico, sin embargo no fue satisfactorio para remover los residuos de los poros de las manos.

En 1954, Whitehead trabajó sobre el mismo problema, la remoción de los residuos de las manos usando trozos de tela

blanca de algodón humedecidos con diferentes solventes, encontrando que el HCl 1N, era el solvente más satisfactorio para este propósito. Además investigó procedimientos para disolver el residuo en la tela y hacer pruebas químicas para Antimonio Bario y Plomo en la solución resultante.

El método de análisis propuesto por Whitehead se basó en la cromatografía en tiras de papel para la separación de Antimonio, Bario y Plomo, haciendo una prueba a la mancha - sobre el Cromatograma.

El método de Whitehead fue muy complicado ya que requería considerable técnica analítica, la prueba del yoduro para determinar Antimonio no fue específica y el Bario no era detectado en el cromatograma si estaba presente en pequeñas cantidades.

Otra gran dificultad en el método fue la aparición de bandas formadas por huellas de Plomo, dando como resultado - una falta de resolución de los colores de prueba.

Harrison y Gilroy, previamente emplearon procedimientos espectroquímicos para determinar la presencia de Bario, Plomo y Antimonio en los residuos del fulminante de diferentes tipos de cartuchos.

El procedimiento para obtener el residuo del fulminante fue el siguiente: primero se removió el proyectil y la pólvora del casquillo, después los casquillos con sus materiales de ignición fueron puestos en un revólver limpio y del cali-



bre apropiado, éste fue disparado con el cañón apuntando al centro de una pequeña pieza de tela blanca de algodón, puesta a una distancia de una pulgada del cañón del revólver.

La tela con los residuos del fulminante fue puesta en un crisol y calcinada en una mufla a 400° C hasta que se obtuvo una ceniza blanca.

La ceniza fue sometida al análisis espectroquímico y se detectó la presencia de Plomo, Bario y Antimonio en la mayoría de los residuos de fulminante tal como se había reportado en la literatura.

Una vez confirmada la presencia de tales elementos, estos investigadores se abocaron a encontrar un reactivo para detectarlos, que fuera sensible y específico. Como resultado de su experimentación se obtuvo la siguiente información:

a) Pruebas para determinar Antimonio

- 1.- La prueba de la Rodamina B fue poco sensible e inespecífica.
- 2.- La prueba del Acido Fosfomolibdico fue sensible pero no específica, ya que diferentes agentes oxidantes dan la misma reacción.
- 3.- La prueba de la 9-Metil, 2, 3, 7-Trihidroxi-6-fluorona tiene una sensibilidad de 1: 5'000,000 pero el Bario da la misma coloración, el reactivo es inestable, no se dispone comercialmente y su síntesis es difícil.
- 4.- La prueba del yoduro de Trifenilmetilarsonio es la úni-

ca que reúne los requisitos de sensibilidad y especificidad.

b) Pruebas para determinar Plomo y Bario

El reactivo probado con mayor especificidad y sensibilidad fue el Rodizonato de Sodio, demostrándose estas características de la prueba, de la siguiente forma:

Primero se prepararon soluciones 1M. de cada uno de los componentes químicos probables de estar presentes en los residuos provenientes del disparo de armas de fuego, éstas se emplearon como soluciones testigo.

Una gota de cada una de las soluciones testigo fue puesta por separado en telas blancas de algodón y después de ser secadas se les agregó el reactivo prueba, previamente seleccionado, de la misma manera se ensayaron otras soluciones conteniendo otros elementos, observándose que cada elemento o ión daba una coloración característica.

Inmediatamente después que se estableció que las pruebas seleccionadas para Plomo, Bario y Antimonio eran específicas, se decidió a identificar estos tres elementos por prueba directa sobre la tela usada para remover los residuos de la mano.

Este procedimiento tendría las ventajas de simplicidad, menos peligro de perder los materiales de prueba y un mínimo de equipo de laboratorio.

El procedimiento finalmente se desarrolló de la forma siguiente:

1.- Una gota de solución conteniendo Antimonio, Bario y Plomo, fue puesta en una tela blanca de algodón de 2 pulgadas de lado, ésta fue secada y se le agregó una gota de solución de yoduro de Trifenilmetilarsonio al 10% de alcohol.

La observación de un anillo color naranja desarrollado en 30 segundos aproximadamente, indicó la presencia de Antimonio. La máxima intensidad de color se observó a los 2 minutos.

2.- La tela con el anillo color naranja fue secada y se le agregaron 2 gotas de solución de Rodizonato de Sodio al 5%, la formación de un color rojo en el centro del anillo naranja, indicó la presencia de Bario y Plomo.

La tela debe estar libre de ácidos para lograr la máxima intensidad de color debida al Rodizonato de Plomo o Bario.

3.- A la tela mencionada en el paso 2 y que fue secada, se añadieron de 1 a 2 gotas de HCl 1:20 sobre el área de color rojo, observándose enseguida una coloración azul, la cual confirmó la presencia de Plomo, mientras que un color rosa marrón en el centro del área azul, confirmó la presencia de Bario.

De la misma manera se ensayaron otros elementos o iones y los resultados se encuentran en la Tabla No. 1.

Tabla No. 1Resultados de las Pruebas de Especificidad

| Ión  | Yoduro de Trifenil<br>metilarsonio | Rodizonato de Sodio | HCL 1:20    |
|--|------------------------------------|---------------------|-------------|
| Cu <sup>+</sup>                            | amarillo ópalo                     | naranja débil       | claro       |
| Cu <sup>++</sup>                           | .....                              | .....               | .....       |
| Cd <sup>++</sup>                           | .....                              | .....               | .....       |
| Bi <sup>++</sup>                           | .....                              | .....               | .....       |
| Al <sup>+++</sup>                          | .....                              | .....               | .....       |
| Hg <sup>+</sup>                            | .....                              | rojo naranja        | claro       |
| Hg <sup>++</sup>                           | .....                              | rojo café           | claro       |
| Fe <sup>++</sup>                           | .....                              | café rojizo         | claro       |
| Fe <sup>+++</sup>                          | .....                              | .....               | .....       |
| Pb <sup>++</sup>                           | amarillo ópalo                     | rojo escarlata      | azul        |
| Sn <sup>++</sup>                           | .....                              | violeta             | claro       |
| Sn <sup>++++</sup>                         | .....                              | .....               | .....       |
| Sb <sup>+++</sup>                          | naranja                            | .....               | .....       |
| Ba <sup>++</sup>                           | .....                              | rosa marrón         | rosa marrón |
| Zn <sup>++</sup>                           | .....                              | .....               | .....       |
| K <sup>+</sup>                             | .....                              | .....               | .....       |
| SCN <sup>-</sup>                           | .....                              | .....               | .....       |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | .....                              | .....               | .....       |
| S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>=</sup> | .....                              | rojo                | claro       |
| Ni <sup>++</sup>                           | .....                              | .....               | .....       |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>               | .....                              | naranja leve        | claro       |
| S <sup>=</sup>                             | .....                              | negro               | claro       |
| SO <sub>3</sub> <sup>=</sup>               | .....                              | naranja             | claro       |
| CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | .....                              | .....               | .....       |

Se hicieron diferentes diluciones de Plomo, Bario y Antimonio con el fin de demostrar la sensibilidad de las reacciones. Las soluciones se colocaron en pedacitos de tela blanca de algodón y el procedimiento previamente descrito se aplicó. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1.- Cuatro microgramos de Antimonio fueron revelados en presencia de 1.5 mg. de Plomo y 10 mg. de Bario.
- 2.- Diez microgramos de Bario fueron detectados en presencia de 1.5 mg. de Plomo y se encontró que si la concentración de Plomo era mayor, podía enmascarar la prueba para Bario.
- 3.- Se estableció que 2.5 microgramos de Plomo podían ser revelados después de la identificación de Bario y Antimonio en una misma muestra.

Se determinó la estabilidad de los colores obtenidos por medio de un almacenamiento de las telas sobre las cuales se había comprobado la presencia de los elementos anteriores.

Las telas almacenadas en ausencia de luz, no mostraron apreciable cambio de color en un período de tres meses, mientras que las que se almacenaron en presencia de luz, perdieron cerca del 50% del color en el mismo período de tiempo.

Determinación de las áreas más probables de maculación, de acuerdo con la técnica de Harrison y Gilroy.

Un estudio de la localización de los residuos de gases -

provenientes del disparo de revólveres y pistolas semiautomáticas, reveló que ciertas áreas de la mano que sostenía el arma al ser disparada, eran las más probables de ser maculadas con los residuos de dichos gases.

Siempre que un revólver era disparado, la maculación de las manos seguía un patrón general con algunas ligeras variaciones, dependiendo del tamaño y tipo de revólver así como el grado de escape de los gases.

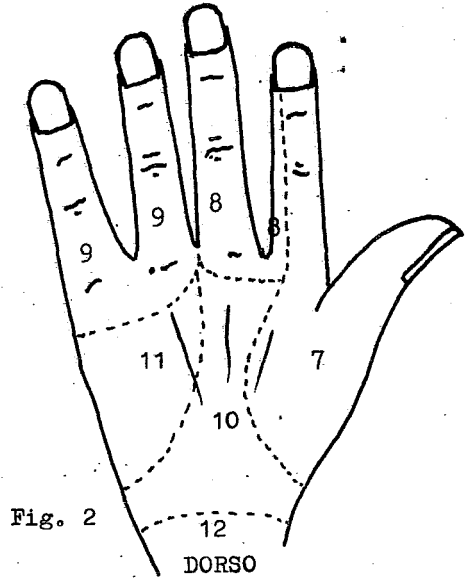
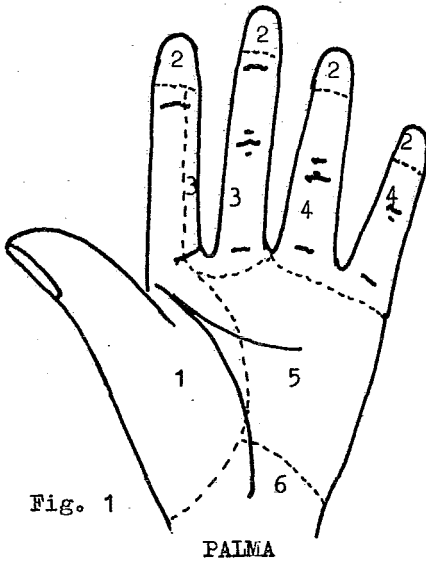
Cuando se dispararon pistolas semiautomáticas, la maculación sobre la mano no siguió un patrón definido y en la mayoría de los casos la prueba para detectar residuo del escape de gases fue negativa.

La superficie de las manos fue clasificada en 12 áreas como se muestra en las Figs. 1, 2, 3 y 4.

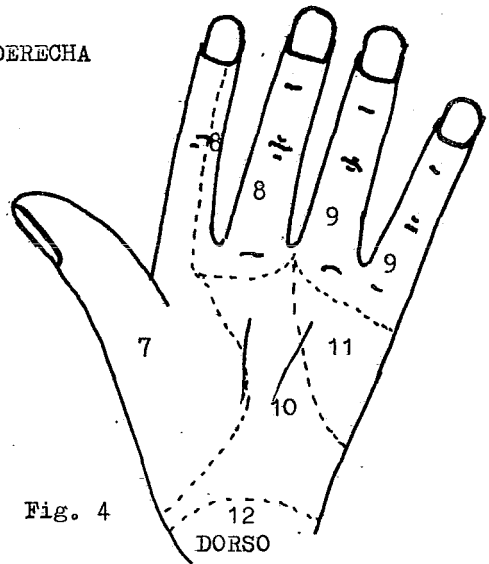
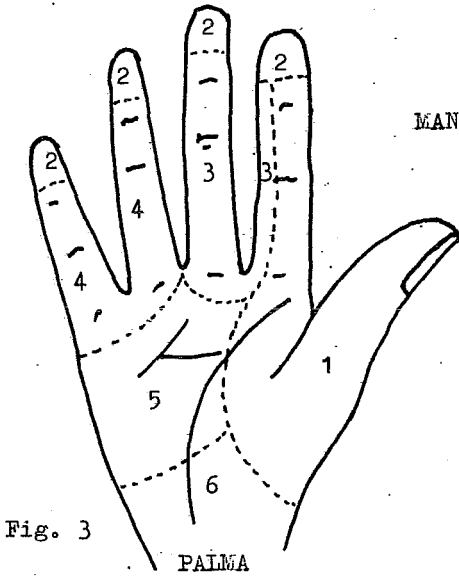
Esta división fue hecha para facilitar al investigador -- comparar el patrón de maculación con los estudios problema.

Cuando se examinó la mano que había disparado un revólver se encontró que el área 7 era la más probable de recibir mayor contaminación por los residuos del escape de gases y el área 1 era la segunda en probabilidad de maculación, siguiendo en orden descendente la 8, 9, 10, 11 y 12.

Por medio de la experiencia se determinó que si una persona ha manejado un arma de fuego recientemente disparada, sin que ella haya efectuado el disparo, los residuos se encontrarán con mayor probabilidad en las áreas 2, 3, 4 y 5.



MANO DERECHA



Clasificación de las áreas más probables de maculación.

En ningún caso en el que una persona había disparado un revólver, las pruebas químicas y la localización de los residuos con relación al patrón de maculación, fallaron para descubrir el hecho, tampoco hubo en ningún caso una prueba falsa positiva. (2)

Durante el programa de pruebas, algunos sujetos testigo, se pusieron guantes, envolvieron sus manos con pañuelos u otra tela y macularon sus manos con pólvora de grafito para simular la apariencia de residuos del escape de gases .

Cuando no había residuos provenientes de un disparo, las pruebas fueron negativas y en los casos de las personas que cubrieron sus manos con pañuelos, las pruebas fueron positivas - en éstos.

A continuación se mencionan algunas pruebas llevadas a cabo por Harrison y Gilroy para detectar la presencia de Plomo, Bario y Antimonio en los residuos provenientes de un disparo, empleando para esta investigación armas de fuego y proyectiles de diversos tipos y de varios calibres.

Trescientos cincuenta disparos fueron hechos con diferentes revólveres y pistolas semiautomáticas.

Cada arma se limpió completamente antes de cada disparo. Doscientos cincuenta disparos fueron hechos con armas calibre 22, usando una variedad de cartuchos incluyendo: Remington, -- Super X, Winchester, Sta-Kean, Peters y otras marcas. Ciento cincuenta disparos fueron hechos con una variedad de revólve--



res y pistolas semiautomáticas de otros calibres.

Cada vez que un arma fue disparada, las manos de quien lo hacía se examinaron por el procedimiento previamente descrito y las telas empleadas para las pruebas químicas se calcinaron y las cenizas fueron analizadas espectroquímicamente para checar las pruebas químicas.

Siempre que un arma tipo revólver era disparada, la presencia de Plomo fue detectada.

En unos cuantos casos en donde no se encontró Antimonio y Bario por pruebas químicas, estos elementos no fueron detectados por análisis espectroquímico.

En ningún caso en donde estuvieron presentes en el fulminante; Bario, Plomo y Antimonio, fallaron las pruebas químicas para demostrar la presencia de estos elementos en el residuo del escape de los gases procedentes del disparo de arma de fuego.

En todos los casos en donde un arma tipo revólver fue disparada, los resultados obtenidos fueron positivos para Bario, Plomo y Antimonio, por lo menos en una de las telas usadas para limpiar las manos de la persona que había disparado.

Las pistolas semiautomáticas rara vez dejan escapar suficiente cantidad de residuos de gases para dar una prueba positiva.

Otra de las pruebas control hecha por los mismos autores

fue el efecto de lavado de manos y el factor tiempo.

Esta fue hecha en las manos de las personas que habían -- disparado un revólver y que lavaron sus manos antes de ser examinadas.

En la mayoría de los casos en que el lavado había sido -- completo, no se pudieron detectar los residuos del escape de -- los gases.

En algunos casos en que el lavado no fue completo se obtuvieron resultados positivos aún después de 2 o 3 lavados casuales.

X Sin embargo las experiencias indican que los residuos del disparo de armas de fuego pueden ser removidos de las manos, - después de que se haya hecho un lavado completo.

Examinando las manos sin lavar, se pueden detectar los resíduos del escape de gases por un período de hasta 48 horas -- después de haber disparado un arma de fuego.

### 2.3.- Otros Métodos

Entre éstos he equiparado aquéllos que considero que son sofisticados, de desarrollo complicado y requieren equipo costoso.

#### 2.3.1.- Activación de Neutrones

Recientemente se han desarrollado métodos modernos para la identificación de residuos procedentes del disparo de un arma de fuego, uno de ellos es el "Análisis por Activación de Neutrones", el cual se considera sensible y específico.

Este método posee una alta sensibilidad para Bario, Antimonio y Cobre ya que incluso partes por millón o menos pueden ser determinadas fácilmente, pero es inapropiado para la detección de Plomo.

El Análisis por Activación de Neutrones, consiste en colocar el material que va a ser examinado junto a una fuente de neutrones, usualmente un reactor nuclear por un período específico de tiempo.

Ciertos elementos químicos en la muestra, absorben neutrones y se vuelven radioactivos:

Enseguida, la muestra es puesta en un sistema de conteo, el cual detecta y registra la radiación total emitida. Por medio del análisis de la distribución de la energía proveniente de la radiación emitida, es posible identificar cada uno de los elementos radiactivos presentes; midiendo la intensi-

dad de la emisión, se puede llegar a determinar la cantidad del elemento presente en la muestra.

El Análisis por Activación de Neutrones sirve al mismo tiempo para hacer análisis cualitativo y cuantitativo en un solo corrimiento.

Entre 1966 y 1968, la aplicación del Análisis por Activación de Neutrones a la determinación de residuos procedentes del disparo de armas de fuego, fue estudiado por investigadores de varias partes del mundo, obteniéndose resultados alentadores.

La mayoría de las investigaciones fueron encaminadas a la identificación de Bario y Antimonio, ya que se les consideró menos contaminantes del medio ambiente que el Cobre.

Previamente a 1968, la técnica de recolección de muestras usada para el Análisis por Activación de Neutrones, fue un guantelete de parafina similar al empleado en la prueba de parafina, pero ésta se usó únicamente para recoger los residuos y fue eliminada antes de hacer el análisis.

El método de Activación de Neutrones no se usó ampliamente y sólo unos cuantos laboratorios fueron capaces de llevar a cabo los análisis químicos requeridos, además, la recolección de muestras así como su procesamiento fue engorroso.

En 1968, la Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de Fuego de Estados Unidos, introdujo una técnica que consistía en usar pequeñas tiras de tela de algodón para la recolección de mues-

tras que permitían al investigador recoger las muestras en el lugar de los hechos, por lo que fue aceptada por algunas agencias policíacas.

La única limitación para el método de recolección de residuos del disparo de armas de fuego, fue al parecer su baja eficiencia con respecto a la parafina.

Desde 1968 en que se adoptó extensamente el uso de telas de algodón, como técnica para la recolección de muestras y del método de Activación de Neutrones para la detección de residuos provenientes del disparo de un arma de fuego, se han propuesto modificaciones del procedimiento original, encaminadas a optimizar el proceso, hacerlo más rápido y elevar el número de análisis.

Mejores métodos e instrumentos fueron desarrollados para medir con exactitud Bario y Antimonio, libres de otras interferencias.

El Análisis por Activación de Neutrones, además de ser empleado para detectar residuos provenientes del disparo de un arma de fuego sobre las manos, se ha aplicado en la identificación de perforaciones que se sospecha son de bala y para determinar la distancia a la que fue hecho un disparo.

Aunque este método ha sido aceptado en cientos de casos - en juicios a nivel de Corte en Estados Unidos, únicamente una Corte de Apelación aprobó y reglamentó su admisibilidad.

A principios de 1973, una Corte de Nueva York falló en fa

vor de la admisibilidad de la prueba, citando casos previos - implicados con el uso de Activación de Neutrones para otros - propósitos y publicó un artículo describiendo la prueba y sus limitaciones.

Recientemente la Suprema Corte de Minnesota, dió cabida como admisible el testimonio de un experto de que la presencia de Bario y Antimonio sobre la mano derecha del acusado, - era indicativa de haber disparado un arma de fuego.

A pesar de las ventajas de esta técnica sobre las pruebas previas y su aceptabilidad en las Cortes, tiene varias limitaciones que restringen su uso.

Las más importantes de estas limitaciones son: la disponibilidad o acceso a un reactor nuclear, se requiere de personal especializado para hacer los análisis y para que presente y explique los resultados en la Corte, además se requiere hacer una alta inversión en equipo especial.

El costo mínimo en 1975 de un sistema de conteo era de treinta mil dólares y este mismo costo era para un equipo de procesamiento de datos.

El costo de análisis de una muestra por este método es bastante elevado con relación a otras técnicas, incluyendo la dificultad de trabajar con materiales radioactivos y además - el tiempo que tarda un análisis es considerable (mínimo un día).

Como resultado de estas limitaciones, el análisis de rutina de los residuos procedentes del disparo de armas de fuego, ha sido restringido a unos cuantos laboratorios como son el F.B.I. y la Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de Fuego.

### 2.3.2.- Espectrofotometría de Absorción Atómica

Un método de análisis de trazas de elementos, el cual ha alcanzado recientemente un uso extenso en laboratorios químicos de todo el mundo, es la "Espectrofotometría de Absorción Atómica".

Mientras que la Activación de Neutrones carece de sensibilidad para algunos elementos, la Absorción Atómica ofrece ventajas que lo hacen apropiado para la medición de Plomo, Bario y Antimonio en residuos procedentes del disparo de armas de fuego.

La Absorción Atómica deriva su nombre del hecho de que -- los átomos de un elemento químico en solución, absorben luz de una determinada longitud de onda, la cual es diferente para cada elemento.

Si la luz de longitud de onda apropiada se hace pasar a través de la flama, una porción de ella será absorbida por los átomos libres que se obtienen al aspirar la solución dentro de una flama suficientemente caliente.

La medición de la luz absorbida a determinada longitud de onda sirve para identificar el elemento absorbente y revela la concentración de este elemento en la solución.

Una modificación al sistema de flama de este método, consistente en el empleo de tiras de metal o varilla de carbón para atomizar la muestra que va a ser analizada, ha dado como resultado la técnica conocida como "Espectrofotometría de Absor-



ción Atómica a la flama", la cual combinada con la instrumentación óptima moderna, provee un alto nivel de sensibilidad.

En 1971, Krishnan combinó la Espectrofotometría de Absorción Atómica con el Análisis por Activación de Neutrones, en una prueba para eliminar pasos tediosos y ahorrar el tiempo requerido cuando se usa solamente Activación de Neutrones (6).

Usando la flama convencional en Espectrofotometría de Absorción, determinó Cobre y Plomo, encontrando que el valor del Cobre variaba erráticamente por lo cual esta técnica sólo la empleó para determinar Plomo. El Antimonio fue medido por Activación de Neutrones y el Bario no fue determinado.

En 1972 fue descrito un caso en el cual se determinó Bario, Antimonio, Cobre y Plomo en residuos provenientes del disparo de armas de fuego, usando solamente Espectrofotometría de Absorción Atómica pero únicamente Antimonio, Cobre y Plomo fueron determinados por las técnicas convencionales, mientras que la determinación de Bario requirió de una alta temperatura, usando en el sistema de flama oxi-acetileno nitrroso. (9)

El requerimiento de dos sistemas de flama diferentes disminuyeron la atracción del método para uso de rutina.

El resultado de este estudio confirmó que el nivel de Cobre variaba ampliamente aún en las manos de quienes no habían disparado.

Los valores encontrados en la determinación de Bario y Antimonio fueron bastante bajos comparándolos con los obtenidos por Activación de Neutrones en pruebas conocidas de disparo, lo cual indica probablemente baja sensibilidad de la técnica para detectar estos dos elementos.

Un avance en la aplicación de la Espectrofotometría de Absorción Atómica para determinar residuos de un disparo reciente de un arma de fuego, fue reportado en 1973. (3)

Un espectrofotómetro de Absorción Atómica equipado con un tubo atomizador de grafito y con un calentador eléctrico, como sustituto del atomizador convencional a la flama, fue usado para medir Bario, Antimonio, Cobre y Plomo de las manos enseguida de haber disparado un arma de fuego.

Se obtuvieron buenos resultados en pruebas realizadas en controles positivos por disparo de pistola, pero se encontraron algunos problemas en la determinación de Bario.

El uso de tiras de Tantalio, en lugar del tubo atomizador de grafito casi eliminó este problema ya que disminuyeron las interferencias.

El método de Absorción Atómica a la Flama, en algunos Laboratorios es ya de uso rutinario y los resultados para determinar Bario y Antimonio son buenos. Este método presenta varias ventajas como son: sensibilidad casi comparable con la técnica de Activación de Neutrones, el costo del material es moderado, no requiere equipo especial para el proceso de da--

tos, tampoco se requieren especialistas para el análisis pues to que esta técnica también se emplea para otros fines y es - de uso general, la instrumentación es sencilla, el costo por análisis es bajo y los resultados pueden estar disponibles pa ra el investigador en un día, por lo que sin duda tendrá ma-- yor aceptación.

### 2.3.3. Fotoluminiscencia

Recientemente se ha empleado una técnica de Fotoluminiscencia para detectar residuos provenientes del disparo de armas de fuego, esta técnica consiste en: recoger los residuos de la superficie de la mano, con una cinta adhesiva, enseguida se le agrega a ésta 0.5 ml. de HCl 7M. y se deja actuar 3 minutos, después de esto la cinta adhesiva se pone en una celdilla la cual se sumerge en nitrógeno líquido en un frasco Dewar óptico de cuarzo.

La muestra así preparada, es puesta frente a un sistema de excitación y un sistema monitor de emisión (detector de luz).

La luz de excitación proviene de una lámpara de arco de -- cuarzo-xenón.

La luminiscencia de la muestra es medida por medio del sistema monocromador de emisión, el cual se ajusta a la longitud de onda característica de la luminiscencia del elemento que se va a determinar.

Esta luminiscencia es captada por un Cátodo fotomultiplicador Ga-As, el cual tiene respuesta para un espectro entre 400 a 700 nm.

La señal del Cátodo es amplificada y registrada por medio de un registrador X-Y.

Por medio de esta técnica se determina Plomo y Antimonio - pero no es sensible para determinar Bario.

Los niveles de Plomo y Antimonio determinados en residuos provenientes del disparo de arma de fuego, varían en función - del tipo de arma, tipo de cartucho, de la actividad del indivduo y si el disparo es hecho en un espacio abierto o cerrado.

Aunque el método se considera sensible y específico, no - es práctico para uso de rutina ya que se requiere de equipo -- costoso.

#### 2.3.4.- Microscopía Electrónica

Se ha reportado el uso de Microscopía Electrónica para -- identificar partículas diminutas de pólvora y fragmentos de la bala en la mano que ha disparado una pistola, sin embargo no - es un método sencillo, ya que se requiere de personal especia- lizado y además el costo del Microscopio Electrónico es muy -- elevado.

#### 2.3.5.- Dispersión de Rayos X

Esta técnica consiste en analizar la energía de disper-- sión de rayos X, debida a los elementos provenientes de los - residuos de un disparo de arma de fuego, sin embargo el costo del equipo es un factor de restricción en su uso.

También se han hecho estudios para establecer los valo--

res normales de Bario y Antimonio sobre las manos, que proven gan de la ocupación del individuo o exposición al medio am--- biente, así como la retención de residuos después de disparar un arma de fuego en función de la actividad que desempeña.

Los resultados de estos estudios, muestran que los nive- les de Bario y Antimonio en las manos de personas que no han disparado, es muy bajo y que los niveles de disparo son redu- cidos rápidamente por la actividad normal diaria y se vuelven virtualmente indetectables en unas cuantas horas después de - haber disparado un arma de fuego.

De lo anterior puede concluirse que los niveles signifi- cativos de Bario y Antimonio sobre las manos de un individuo, pueden ser altamente indicativos de haber disparado reciente- mente un arma de fuego, pero no son totalmente específicos.

En resumen, desde la introducción de las pruebas para de- terminar si un individuo ha manejado o disparado recientemen- te un arma de fuego, han sufrido grandes cambios, desde la - prueba de parafina hasta los métodos modernos para detectar - trazas de Bario, Plomo y Antimonio.

En la Tabla No. 2 se mencionan los procedimientos que ac- tualmente son más empleados para la identificación de resi--- duos provenientes del disparo de armas de fuego, enunciando - algunas de sus características más esenciales.

T a b l a N o . 2

PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS EN LA ACTUALIDAD PARA LA IDENTIFICACION DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL DISPARO DE UN ARMA DE FUEGO

| Nombre de la Prueba                    | Substancias que se identifican | Tipo de Método | Sensibilidad de la prueba | Inespecificidad del Método | Grado de confiabilidad | Tiempo en que se realiza |
|--|--------------------------------|----------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|
| ANALISIS POR "ACTIVACION DE NEUTRONES" | Bario y Antimonio              | Físico         | Muy elevada               | muy escasa                 | Muy elevado            | dos días                 |
| "ABSORCION ATOMICA"                    | Bario, Antimonio y Plomo       | Físico         | Elevada                   | Escasa                     | Elevado                | 24 horas máx.            |
| "HARRISON-GILROY"                      | Bario, Antimonio y Plomo       | Químico        | Media o baja              | Escasa                     | Medio                  | 5 minutos                |
| "PRUEBA DE PAFRAFINA"                  | Substancias nitradas           | Químico        | Media o elevada           | Abundante o elevada        | Bajo                   | 30 minutos               |

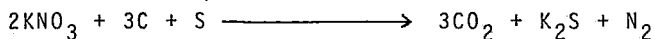
### 3.- COMPOSICION QUIMICA DE POLVORAS

Hay tres tipos de pólvora que son empleados en armas de fuego; la pólvora sin humo, la pólvora negra y una combinación de las dos, siendo más común la pólvora sin humo.

#### a) Pólvora negra

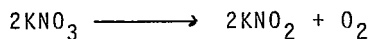
Químicamente la pólvora negra de arma de fuego, es una mezcla íntima de nitrato de potasio (salitre), carbón vegetal y azufre en la proporción aproximada de 75: 15: 10 partes respectivamente.

Cuando la combustión de esta pólvora se efectúa en un espacio abierto, se lleva a cabo la siguiente reacción química:



Esta reacción representa una combustión completa en condiciones ideales.

Cuando ocurre la explosión al disparar una arma de fuego, una reacción mucho más compleja se lleva a cabo. Sustancias tales como  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{KSCN}$ ,  $\text{KNO}_2$  y otros compuestos se encuentran en el residuo después de la explosión de la pólvora en una arma de fuego, el hidrógeno proviene del agua que se encuentra mezclada con las sales y el nitrito de potasio probablemente se forma como sigue:





## b) Pólvora sin humo

La pólvora sin humo está constituida de nitrato de celulosa o nitrato de glicerol combinado con nitrato de celulosa.

Estos compuestos son comúnmente llamados nitrocelulosa y nitroglicerina respectivamente.

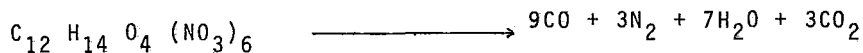
Con el fin de reducir ciertas reacciones indeseables, se agregan ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos como estabilizadores que ayudan a la combustión de la pólvora y minimizan los efectos corrosivos sobre el metal del arma de fuego.

Algunas de las substancias orgánicas más usadas son: vaselina, nitrobenzeno, alcanfor, grafito, etc.

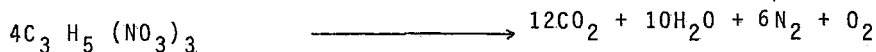
Entre los compuestos inorgánicos más comunes están los nitratos de Bario y Potasio, dicromatos, oxalatos, bicarbonatos, etc.

Las reacciones químicas de la combustión del nitrato de celulosa y del nitrato de glicerol en un espacio abierto es como sigue:

Nitrato de celulosa



Nitrato de glicerol



Estas reacciones representan una descomposición ideal, la cual difiere de lo que realmente ocurre cuando la explosión se

Lleva a cabo en un espacio cerrado tal como sucede en un arma de fuego.

Debe notarse que los nitratos están presentes tanto en pólvora negra como en la pólvora sin humo, por lo que en cualquiera de las dos se encontrarán también nitritos en sus residuos.

#### 4.- COMPOSICION QUIMICA DE CARTUCHOS

El análisis de cartuchos de diferentes tipos y marcas, - conteniendo ambas pólvoras: sin humo y pólvora negra, viejos y de reciente fabricación, reveló que los elementos: Antimonio, Bario, Plomo, Mercurio y Potasio, son los constituyentes más frecuentes. Fig. 5.

Los cartuchos más viejos contenían mayor cantidad de Mercurio y Potasio, mientras que los de fabricación reciente, -- contenían altas concentraciones de Plomo y Bario. El Antimonio fue encontrado tanto en cartuchos nuevos como viejos. (2)

Holmes suministró información acerca de la formulación - moderna de cartuchos, en ella dice que el ingrediente principal de un explosivo normal es el estifnato de plomo.

El explosivo iniciador es usualmente azida de plomo ----  $Pb(N_3)_2$ , pero el uso del fulminato de mercurio  $Hg(CNO)_2$  no - ha sido completamente discontinuado.

Los materiales de oxidación son usualmente nitrato de Bario y nitrito de Plomo o peróxido de Hidrógeno, aunque pueden emplearse otros oxidantes.

Los materiales combustibles son generalmente: el sulfuro de antimonio, silicato de calcio y polvo de aluminio pero recientemente se han introducido polvos de zirconio, magnesio y titanio.

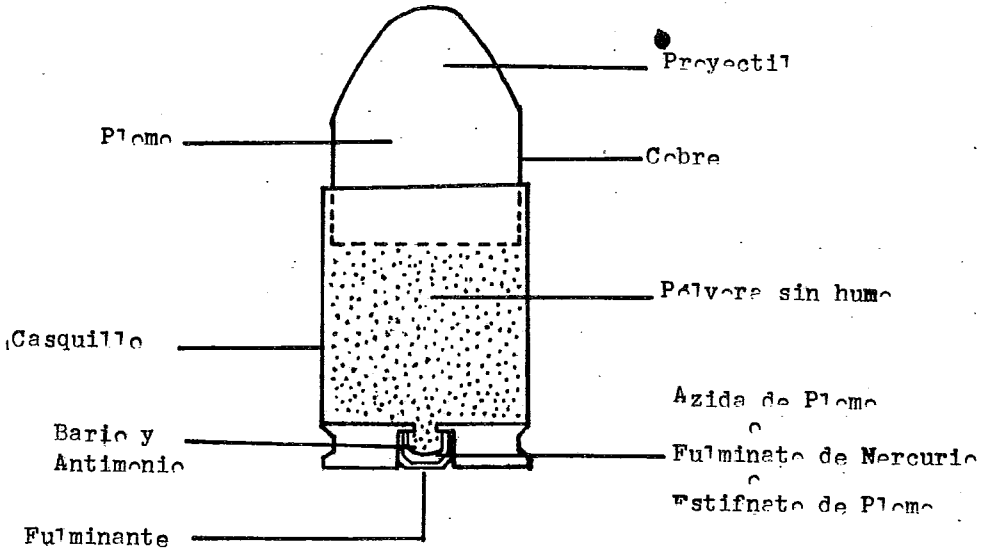


Fig. 5. Esquema de un cartucho.

El material sensibilizador puede ser tetracina, TNT (Tri nitro tolueno), PETEN (Pentaeritritol tetranitrato) u otros.

Los materiales abrasivos no son usados en el fulminante (centro de ignición), pero son usados en el aro o borde de -- fuego del casquillo, este material es usualmente polvo de vidrio.

La revisión de la literatura revela que los elementos me t á l i c o s más frecuentes en el cartucho y residuos de la descar ga de armas de fuego son: Plomo, Bario y Antimonio.

### III.- M E T O D O S Y P R O C E D I M I E N T O S

#### 1.- PRUEBA DE PARAFINA

##### Fundamento.-

Cuando se dispara una arma de fuego, los residuos provenientes de la combustión de la pólvora tales como: nitratos, nitritos, Plomo, Bario y otros productos, son depositados o in crustados en la piel de la mano que sostiene el arma.

Este depósito de los residuos se debe al escape de gases que salen a gran presión y velocidad durante el disparo, lo -- que hace que algunas partículas penetren en los poros de la -- piel expuesta a la maculación de estos gases.

Al aplicar la parafina caliente sobre la piel de la mano, ejerce una acción física y fisiológica, haciendo que los poros se dilaten y exuden las partículas de nitratos y nitritos que puedan estar alojados dentro de ellos.

Tales partículas se adhieren a la superficie de la parafina que está en contacto con la piel y cuando el guantelete es retirado de la mano, la superficie interna es rociada con una solución de Difenilamina en Acido Sulfúrico.

La presencia de nitratos y nitritos es demostrada por la aparición de puntos característicos de color azul intenso que

indican la reacción normal a la Difenilamina con estos compuestos.

Material.-

Recipiente de peltre o vidrio.  
Espátula  
Matraz aforado de 100 ml.  
Lupa  
Cuchara metálica  
Parrilla eléctrica o mechero de Bunsen.

Reactivos.-

Parafina refinada grado histológico con punto de fusión entre 43 - 50°C.  
Reactivo de Lunge:  
Difenilamina Q.P..... 1.0 g.  
Agua destilada ..... 10 ml.  
Acido Sulfúrico Q.P. c.b.p.100ml.

Los procedimientos para hacer guanteletes de parafina son:

- a) Por goteo de la parafina sobre la mano.
- b) Por inmersión de la mano en la parafina.
- c) Por escurrimiento de la parafina sobre la mano.\*
- d) Rociando la parafina con un atomizador especial (7).

\* Técnica.-

- 1.- En un recipiente de peltre o de vidrio de dimensiones apropiadas y perfectamente limpio, se pone parafina pura con un punto de fusión entre 43°C a 50°C, se calienta lentamente hasta que se funde.
- 2.- Una vez líquida la parafina, se deja enfriar a una temperatura aproximada de 46-48°C, se aplica con una cuchara dejándola escurrir primero sobre el dorso y luego sobre -

la región palmar de las manos hasta obtener un guantelete de un grosor de 2 a 4 mm.

- 3.- La mano sobre la que se hace el guantelete se mantiene inclinada con los dedos extendidos y juntos y la palma - hacia abajo, primero y después se voltea.
- 4.- Cuando la parafina se ha solidificado y endurecido, se - corta el guantelete con la espátula en la parte inferior palmó-dorsal y en los extremos de los dedos y con sólo - moverlos suavemente, el guantelete se desprende de la mano.
- 5.- El guantelete se extiende con la superficie interna ha-- cia arriba, sobre una hoja blanca de papel en una super- ficie plana y horizontal.
- 6.- Se revela con el reactivo de Lunge, tanto la región dor- sal como la palmar, haciéndolo gotear con una pipeta.
- 7.- Se observa el guantelete con una lupa.

#### Interpretación de los resultados.-

Si la prueba es positiva, se observarán puntos pequeños de color azul intenso, en forma de comillas que aparecen a -- los 60 segundos aproximadamente después de aplicar el reacti- vo de Lunge y desaparecen en el mismo sitio a los 3 o 4 minu- tos aproximadamente, considerándose indicativos de un disparo si se observan principalmente en el pulgar, índice y dedo me- dio que es lo que se conoce como zona característica de disparo.

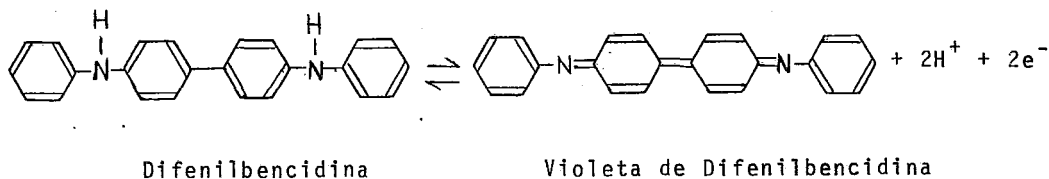
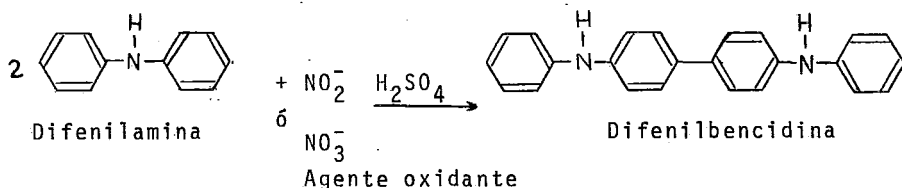


Se debe observar la posición topográfica en donde aparecen los puntos sobre la mano, por lo cual el reporte es acompañado de un croquis o esquema de las regiones dorsal y palmar de ambas manos, en donde se deben marcar los sitios en -- que se observaron los puntos característicos.

Los guanteletes deben representar verdaderos moldes de la mano y no masas informes de parafina.

Algunos investigadores emplean una capa de algodón, tiras de gasa o de tela para reforzar el guantelete, sobre todo en regiones donde hace mucho calor, esto no es necesario, ya que si el grosor del guantelete es el adecuado, con ello se evita que se rompa.

### Reacciones.-



Forma de reportar.-

Para reportar el resultado de una prueba de parafina, se deben anotar los siguientes datos:

Dependencia y sección donde se realizó el estudio.

Número de oficio que le corresponde en el control de la sección.

Datos del agente investigador (No. de placa y Grupo al que pertenece) que la solicita así como el número de orden de la investigación.

El reporte debe estar dirigido al Jefe de la Sección.

Nombre de la persona a la que se la practicó la prueba.

Marcar en un esquema los resultados en palma y dorso de la mano derecha e izquierda, señalando las regiones en donde se observaron los residuos nitrados revelados.

Anotar la fecha en que se realizó el estudio y por último el nombre y la firma de quien realizó la prueba.

En el Laboratorio Químico de la Dirección General de Policía y Tránsito del Distrito Federal, se reporta el resultado de una prueba parafinoscópica en la forma que a continuación se anexa.

Dependencia: Dirección General de  
Policía y Tránsito del D.F.

Sección : Laboratorio Químico.  
Oficio Número: \_\_\_\_\_

Asunto: Informe sobre el resultado  
de una PRUEBA DE LA PARAFINA.

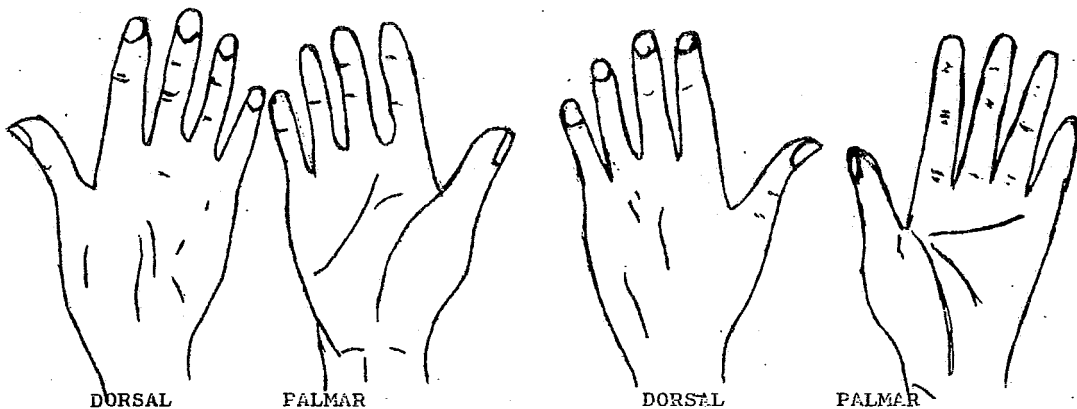
AL C. JEFE DEL LABORATORIO DE  
CRIMINALISTICA E IDENTIFICACION.  
P R E S E N T E .

De acuerdo con la Orden \_\_\_\_\_ se realizó la PRUEBA DE LA  
PARAFINA sobre la mano DERECHA e IZQUIERDA del Ciudadano que  
dijo llamarse \_\_\_\_\_

Cumplo en informar a esa Superioridad el resultado de la  
misma.

|                |             |
|----------------|-------------|
| MANO DERECHA   | PALMA _____ |
|                | DORSO _____ |
| MANO IZQUIERDA | PALMA _____ |
|                | DORSO _____ |

REGIONES DONDE SE APRECIO LA REACCION  
MANO DERECHA MANO IZQUIERDA



Esta comunicación la hago a Ud. para los fines que estime  
pertinentes, reiterando mi consideración.

SUFRAGIO EFECTIVO NO REELECCION.

México D.F. a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19

EL PERITO QUIMICO DE GUARDIA.

## 2.- PRUEBA DE HARRISON-GILROY

### Fundamento

Al disparar una arma de fuego, la mano de quien lo hace puede resultar maculada por el escape de gases que contienen derivados nitrados provenientes de la combustión de la pólvora, Bario, Antimonio que proceden del fulminante y el Plomo - que proviene del proyectil y del fulminante.

Estos residuos se identifican por medio de la prueba de Harrison-Gilroy, recogién dose de la mano por medio de una tela blanca de algodón, torunda o gasa, humedecidas con HCl diluido y sobre la cual se realizan las reacciones químicas correspondientes.

El Rodizonato de sodio en presencia de Plomo y Bario desarrolla una coloración roja escarlata debida al Rodizonato de Plomo y una coloración rosa marrón debida al Rodizonato de Bario que se forman.

El Yoduro de Trifenilmetilarsonio es empleado para detectar el Antimonio, con el cual reacciona dando un anillo de color naranja.

### Material

Fragmentos de tela blanca de algodón sin apresto, lavada, de 2 x 2 cm.  
Fascos goteros  
Portaobjetos

### Reactivos

1.- Solución acuosa de HCL al 1%  
2.- Solución Buffer pH = 2.79  
Bitartrato de sodio.. 1.9 g.  
Acido tartárico..... 1.5 g.  
Agua destilada c.b.p. 100 ml.

Microscopio estereoscópico

- 3.- Solución acuosa de Rodizonato de sodio al 0.2%. Se deberá preparar diariamente y -- mantenerse protegida de la luz.
- 4.- Solución alcohólica al 10% - de Yoduro de Trifenilmetilarsonio.

Técnica.-

- 1.- Humedecer los fragmentos de tela blanca de algodón con -- una o dos gotas de solución de ácido clorhídrico al 1%.
- 2.- Limpiar con los fragmentos de tela diferentes, tanto la región dorsal como la palmar de cada mano, sobre todo las zonas anatómicas más frecuentes de maculación (zonas ca-- racterísticas de disparo) .
- 3.- En cada fragmento de tela que se utilizó para limpiar la mano, poner dos gotas de solución buffer.
- 4.- Agregar dos gotas de solución de Rodizonato de sodio al - 0.2%, sobre la tela tratada con la solución buffer.
- 5.- Observar los fragmentos de tela, macro y microscópicamen-- te.
- 6.- Secar un poco la tela y agregar una o dos gotas de solu-- ción de yoduro de Trifenilmetilarsonio al 10%.
- 7.- Observar nuevamente.

Interpretación de resultados.-

- 1.- Si al desaparecer la coloración naranja del Rodizonato de

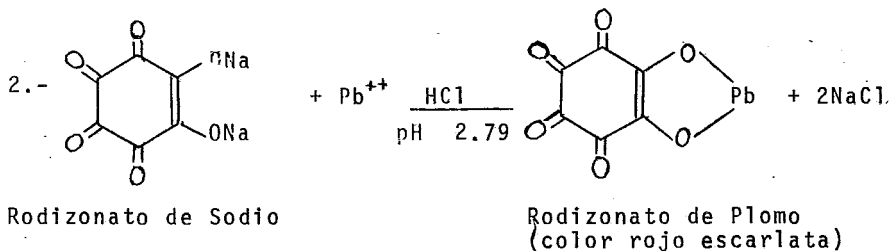
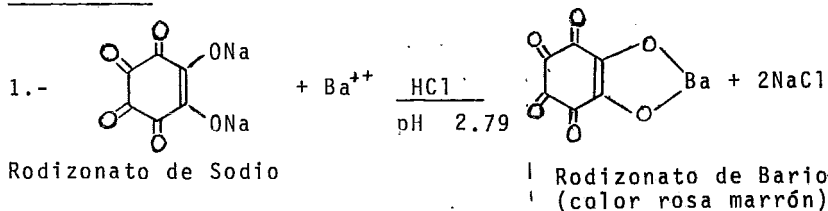
sodio se observan puntos de color rosa marrón, la prueba es positiva para Bario.

- 2.- Si los puntos son de color rojo escarlata, la prueba es positiva para Plomo.
- 3.- Si se observa una mezcla de ambos colores, la prueba es positiva para Plomo y Bario.
- 4.- Si aparece un anillo de color naranja al agregar el yoduro de Trifenilmetilarsonio, alcanzando su máxima intensidad a los 2 minutos, es prueba positiva para Antimonio.

#### Sensibilidad.-

- a) Para Bario: 0.25 mcg. de Bario; dilución límite 1: 200,000
- b) Para Plomo: 0.1 mcg. de Plomo; en dilución 1: 500,000
- c) Para Antimonio no ha sido determinada.

#### Reacciones.-



Forma de reportar.-

En la Dirección General de Servicios Periciales, dependiente de la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal, en su Sección Química, se reporta una prueba de Harrison-Gilroy en la forma que a continuación se anexa.



PROCURADURIA GENERAL DE JUSTICIA  
DEL  
DISTRITO FEDERAL

DIRECCION GENERAL DE  
SERVICIOS PERICIALES  
LAB. DE CRIMINALISTICA E  
IDENTIFICACION JUDICIAL  
SECCION QUIMICA  
OFICIO:  
AV. PREVIA:

58

DIA DE LOS HECHOS:

México, C.F., de de 1980.

C.

\_\_\_\_\_ que suscribe perito en química - forense, designada para dictaminar en relación con el expediente arriba anotado, ante usted rinde el siguiente:

D I C T A M E N

Problema Planteado.- Realizar el estudio químico pertinente, que permita establecer si \_\_\_\_\_ disparó un arma de fuego.

Método Aplicado.- Búsqueda de plomo y/o bario en las manos, elementos integrantes de los cartuchos.

Técnica utilizada.- a) Limpiar las manos fundamentalmente en las zonas mas frecuentes de maculación con un fragmento de tela blanca de algodón sin apresto, lavada de 2 x 2 cm. humedecido con una solución de ácido clorhídrico al 1 % b) Aplicar a la tela una solución buffer con un pH de -- 2.79 c) Aplicarle finalmente una solución acuosa de rodizonato de sodio al 0.2 %.

Resultados: En los 2/5 externos de las regiones palmar y dorsal.

MANO DERECHA \_\_\_\_\_

MANO IZQUIERDA \_\_\_\_\_

C O N C L U S I O N

\_\_\_\_\_ identificaron los elementos investigados en las zonas mas frecuentes de maculación.

A t e n t a m e n t e .



### 3.- COMBINACION DE LAS TECNICAS DE LA DIFENILAMINA Y DEL RODIZONATO DE SODIO EN LA PRUEBA PARAFINOSCOPICA.

#### Fundamento.-

A consecuencia de la maculación de las manos por los gases procedentes del disparo de una arma de fuego que salen a gran presión y velocidad, parte de los residuos de la combustión de la pólvora, Bario, Plomo y Antimonio, se introducen en los poros de la piel .

En la prueba de la parafina se emplea la Difenilamina para detectar los nitratos y nitritos, pero la reacción es inespecífica ya que es una reacción general de oxidorreducción, - en cambio la reacción del Rodizonato de sodio con el Plomo y con el Bario empleada por Harrison-Gilroy, es específica pero poco sensible debido a que cuando se hace un lavado de manos, disminuye mucho la posibilidad de obtener una prueba positiva.

Al combinar ambas técnicas: la de la Difenilamina y la del Rodizonato de sodio, se logra una mayor probabilidad de obtener resultados positivos debido a que existen dos posibilidades para identificar residuos provenientes del disparo de una arma de fuego:

- 1) Al realizar el revelado del guantelete por medio del --- reactivo de Lunge para identificar sustancias nitradas y 2) - al aplicar enseguida sobre el mismo guantelete, la reacción - del Rodizonato de sodio para identificar Plomo y Bario.

Material.-

- 1.- Parrilla eléctrica o mechero de Bunsen.
- 2.- Espátula.
- 3.- Lupa
- 4.- Pipeta graduada de 10 ml.
- 5.- Frascos goteros
- 6.- Tela blanca de algodón lavada y sin apresto.
- 7.- Matraz aforado de 100 ml.
- 8.- Cuchara metálica
- 9.- Recipiente de peltre
- 10.- Microscopio estereoscópico.

Reactivos.-

- 1.- Parafina grado histológico - con punto de fusión entre -- 43° - 50°C.
- 2.- Solución de Difenilamina en ácido sulfúrico (Reactivo de Lunge).
- 3.- Solución de Rodizonato de sodio al 0.2% en agua destilada.
- 4.- Solución buffer pH = 3.3
- 5.- Solución de HCl al 1% en --- agua destilada (v/v).
- 6.- Agua destilada.

Preparación de los reactivos.-

## A) Reactivo de Lunge:

En un matraz aforado de 100 ml. se agrega 1 g. de Difenilamina a 10 ml. de agua destilada y enfriando el matraz - en el chorro de agua de la llave, se le agrega lentamente ácido sulfúrico concentrado hasta aforar a 100 ml.

## B) Solución de Rodizonato de sodio al 0.2%:

Se disuelven 20 mg. de Rodizonato de sodio en 10 ml. de - agua destilada, este reactivo debe guardarse en un frasco ámbar para protegerlo de la luz.

## C) Solución buffer pH = 3.3.

En un matraz aforado de 100 ml. se disuelven 1,5 g. de --

ácido tartárico y 1.9 g. de bitartrato de sodio, en agua destilada y se afora a 100 ml.

D) Solución de ácido clorhídrico al 1% (v/v):

Se disuelve 1 ml. de ácido clorhídrico concentrado en -- 99 ml. de agua destilada.

Técnica.-

- 1.- Se hace un guantelete de parafina, se retira y se revela con el reactivo de Lunge.
- 2.- Observar por medio de una lupa la reacción y registrar -- los resultados obtenidos.
- 3.- El guantelete ya revelado y observado, se lava suavemente con agua destilada o de la llave, para eliminar el Reactivo de Lunge.
- 4.- Se observa el guantelete en el Microscopio estereoscópico.
- 5.- Se ponen pequeños fragmentos de tela blanca de algodón sobre la superficie interna del guantelete y se humedecen - con solución de HCl al 1% y se dejan 1 o 2 minutos, se -- les agregan 1 o 2 gotas de solución buffer y se deja ac--tuar 1 minuto, las telas sirven como medio para lograr un mejor contacto de los reactivos sobre la superficie interna del guantelete.
- 6.- Se les agregan 1 o 2 gotas de solución de Rodizonato de sodio al 0.2%, dejando actuar por un período de 1 a 3 minutos aproximadamente, retirando enseguida las telas del guantelete.

- 7.- La operación de los pasos 5 y 6 se repite principalmente en toda la zona característica de disparo, ya sea -- usando nuevas telas o las ya usadas pero después de haberlas observado que estén limpias y secas. Se puede aplicar las telas en otras zonas del guantelete, esto queda a criterio del profesionalista o técnico que realice la prueba.
- 8.- Observar al microscopio estereoscópico las telas y el guantelete.

#### Interpretación de resultados.-

- a) Si en el punto 2 de la técnica, se observan puntos de color azul intenso, en forma de comillas, que tardan en aparecer un minuto aproximadamente y desaparecen en el mismo sitio a los cuatro minutos aproximadamente, es -- prueba positiva para nitratos y nitritos.
- b) En el punto cuatro el guantelete se observa para ver si no hay alguna contaminación en forma de puntos de color rojo o rosa que puedan confundir los resultados.
- c) Si al observar el guantelete en el inciso 8, se encuentran puntos de color rojo escarlata, a veces con un pequeño halo del mismo color, es prueba positiva para Plomo. También se puede observar el Plomo en forma de pequeñas partículas de metal, en este caso la coloración es idéntica, con la diferencia de que se presenta exclusivamente alrededor de la partícula, además ésta presen

ta un brillo metálico característico.

Si se observan manchas de color rosa marrón, es prueba positiva para Bario.

- d) Si al observar las telas empleadas como medio de contacto, se encuentran puntos o manchas pequeñas de color rosa marrón, es prueba positiva para Bario.

Si se observan puntos de color rojo escarlata con un halo del mismo color pero menos intenso, es prueba positiva para Plomo.

También se pueden encontrar partículas metálicas con -- las características que anteriormente se mencionaron.

Si se observa una mezcla de ambos colores, la prueba es positiva para Bario y Plomo.

#### IV.- R E S U L T A D O S

En el presente trabajo se realizó un estudio de 50 casos de personas sospechosas de haber disparado armas de fuego, a dichas personas se les hicieron las pruebas correspondientes en el Laboratorio Químico de la Dirección General de Policía y Tránsito del Distrito Federal.

En la mayoría de estos casos, habían pasado más de 24 horas en que presuntamente habían disparado y otras se encontraban dentro de las 24 horas.

Para determinar si estas personas habían o no disparado una arma de fuego, se empleó el método de "Combinación de las técnicas de la Difenilamina y del Rodizonato de sodio", que ha sido previamente descrito, es decir, primero revelando los guanteletes con el reactivo de Lunge y después con el de Rodizonato de sodio.

Se observó y se registró el número de puntos característicos que aparecieron en el guantelete después de aplicar el reactivo de Lunge, también el número de puntos de color rojo escarlata que aparecieron al revelar el mismo guantelete con Rodizonato de sodio y por último los de Bario que se manifiestan por pequeñas manchas de color rosa marrón y también de color anaranjado.

Los resultados de estas pruebas se encuentran en las Tablas No. 3, 4, 5 y 6 que a continuación se presentan, en las cuales se anotaron en las primeras dos columnas de izquierda a derecha, el número de puntos característicos observados en las regiones del guantelete que corresponden a la palma y el dorso de la mano derecha, cada cruz representa un punto que apareció al revelar el guantelete con el reactivo de Lunge y el signo menos significa que no se observó ningún punto característico.

Enseguida, siguiendo el orden de izquierda a derecha se encuentran los mismos resultados anteriores pero para la mano izquierda.

En las siguientes cuatro columnas, se encuentran anotadas las observaciones de los guanteletes de la mano derecha e izquierda antes de aplicar el Rodizonato de sodio. Cada asterisco representa un punto que se encontró como contaminante con diferentes características morfológicas y color rojo propio, de los que se observan cuando las partículas de Plomo reaccionan con el Rodizonato de Sodio, estos puntos se encerraron en un círculo hecho con un lápiz o con bolígrafo, con el fin de conocer su posición al revelar con la técnica del Rodizonato de sodio. El signo negativo indica que no se observó ninguna contaminación de color rojo.

En las siguientes columnas se anotó el número de puntos de color rojo escarlata observados en los guanteletes dere--

cho e izquierdo después de revelarlos con Rodizonato de sodio, que corresponden a la reacción con el Plomo, representándose cada punto por medio de una cruz y el signo menos indica que no se observó ningún punto con las características anteriores.

Por último, en la columna final de la derecha se encuentra anotado por medio de cruces, el número de puntos de color rojo escarlata que se observaron en las telas usadas como medio de contacto entre la superficie interna del guantelete de parafina y el reactivo del Rodizonato de sodio. Así también, se representa con una X la reacción que se efectúa entre el Rodizonato de sodio y el Bario que como anteriormente se mencionó, se trata de pequeñas manchitas de color rosa marrón o anaranjado y el signo menos indica que no se observó ninguno de los dos.



| Caso No. | Guantelete de la mano derecha revelado con Difenilamina. |       | Guantelete de la mano izquierda revelado con Difenilamina. |       | Observación microscópica de los guanteletes antes de aplicar el Rodizonato de sodio.<br>Mano derecha      Mano izquierda |       |           |       | Guantelete de la mano derecha revelado con Rodizonato de sodio. |       | Guantelete de la mano izquierda revelado con Rodizonato de sodio. |       | Observación de las telas que sirven como medio de contacto. |       |
|----------|--|-------|--|-------|--|-------|-----------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
|          | Resultado  |       | Resultado  |       | Resultado  |       | Resultado |       | Resultado   |       | Resultado   |       | Resultado   |       |
|          | PAJMA  | DORSO | PAJMA  | DORSO | PAJMA  | DORSO | PAJMA     | DORSO | PAJMA   | DORSO | PAJMA   | DORSO | Plomo   | Bario |
| 1        | +  | ++++  | +  | -     | -  | -     | -         | -     | +   | +     | -   | +++   | -   | -     |
| 2        | ++   | -     | -  | -     | *  | *     | -         | *     | +   | +     | +   | +     | -   | -     |
| 3        | -  | +++   | ++   | -     | -  | -     | -         | -     | -   | +     | +   | +     | -   | -     |
| 4        | ++   | ++++  | +++  | -     | -  | -     | -         | -     | +   | ++++  | -   | +     | +   | -     |
| 5        | +  | ++    | -  | -     | -  | -     | -         | **    | +   | +     | -   | -     | -   | -     |
| 6        | +  | +++   | ++   | -     | -  | -     | **        | *     | +   | +     | -   | +     | -   | -     |
| 7        | -  | -     | -  | -     | *  | **    | *         | *     | -   | +     | -   | +     | -   | -     |
| 8        | +++++  | ++    | +++  | +++++ | -  | -     | -         | -     | +   | +++++ | +   | ++++  | -   | X     |
| 9        | ++   | ++++  | +  | +++++ | -  | *     | -         | -     | -   | +++   | +   | +++   | -   | -     |
| 10       | +++++  | +++   | ++   | -     | ****   | ****  | ***       | ***** | ++  | +++   | +   | +     | -   | -     |
| 11       | ++   | +++   | +  | -     | -  | -     | -         | -     | -   | +     | -   | -     | -   | -     |
| 12       | ++   | +++   | -  | -     | -  | -     | -         | -     | +   | ++    | -   | +     | -   | -     |
| 13       | +++++  | +++   | ++++   | -     | -  | -     | -         | -     | +   | +++   | -   | ++    | -   | -     |
| 14       | -  | -     | -  | -     | -  | -     | -         | -     | +   | ++    | -   | -     | -   | -     |
| 15       | +++  | ++++  | ++++   | -     | -  | -     | -         | -     | -   | ++    | +   | ++    | -   | -     |

| Caso No. | Guantelete de la mano derecha revelado con Difenilamina. |       | Guantelete de la mano izquierda revelado con Difenilamina. |       | Observación microscópica de los guanteletes antes de aplicar el Rodizonato de sodio.<br>Mano derecha      Mano izquierda |       |           |       | Guantelete de la mano derecha revelado con Rodizonato de sodio. |       | Guantelete de la mano izquierda revelado con Rodizonato de sodio. |       | Observación de las telas que sirven como medio de contacto. |       |
|----------|--|-------|--|-------|--|-------|-----------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
|          | Resultado  |       | Resultado  |       | Resultado  |       | Resultado |       | Resultado   |       | Resultado   |       | Resultado   |       |
|          | PAJMA  | DORSO | PAJMA  | DORSO | PAJMA  | DORSO | PAJMA     | DORSO | PAJMA   | DORSO | PAJMA   | DORSO | Plomo   | Bario |
| 16       | ++++   | +     | -  | -     | -  | -     | -         | -     | -   | -     | -   | -     | -   | -     |
| 17       | ++   | ++++  | +++  | +++   | *  | -     | *         | *     | +   | +++   | +   | ++    | -   | -     |
| 18       | ++   | +++   | -  | -     | -  | -     | -         | -     | -   | +     | -   | -     | -   | -     |
| 19       | -  | -     | -  | -     | **   | -     | -         | -     | ++  | ++++  | ++  | +++   | -   | -     |
| 20       | -  | -     | -  | -     | -  | -     | -         | -     | +   | +++   | -   | +     | -   | -     |
| 21       | +++  | ++    | -  | -     | -  | -     | -         | -     | +   | +     | -   | -     | -   | -     |
| 22       | ++++   | +++   | ++++   | ++    | -  | -     | -         | -     | +   | ++    | -   | -     | -   | -     |
| 23       | -  | -     | -  | -     | -  | -     | -         | -     | -   | -     | -   | -     | -   | -     |
| 24       | -  | -     | -  | -     | -  | **    | -         | *     | -   | -     | -   | -     | -   | -     |
| 25       | ++   | ++    | +++  | ++    | -  | -     | -         | -     | -   | +     | -   | ++    | -   | -     |
| 26       | ++   | ++    | -  | -     | -  | -     | -         | -     | +   | ++    | +   | -     | -   | -     |
| 27       | ++++   | +++   | +++  | -     | -  | *     | -         | -     | ++  | +     | -   | +     | -   | -     |
| 28       | +++  | ++++  | ++++   | ++++  | -  | -     | -         | -     | -   | +     | +   | -     | -   | -     |
| 29       | ++++   | +++   | ++++   | ++++  | -  | -     | -         | -     | -   | +++   | -   | ++    | -   | X     |
| 30       | ++++   | ++++  | ++++   | +++   | -  | -     | -         | -     | -   | ++    | -   | +     | -   | -     |



Tabla No. 6

| Caso No. | Guantelete de la mano derecha revelado con Difenilamina. |       | Guantelete de la mano izquierda revelado con Difenilamina. |       | Observación microscópica de los guanteletes antes de aplicar el Rodizonato de sodio. |       |                |       | Guantelete de la mano derecha revelado con Rodizonato de sodio. |       | Guantelete de la mano izquierda revelado con Rodizonato de sodio. |       | Observación de las telas que sirven como medio de contacto. |       |
|----------|--|-------|--|-------|--|-------|----------------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
|          | Resultado  |       | Resultado  |       | Mano derecha   |       | Mano izquierda |       | Resultado   |       | Resultado   |       | Resultado   |       |
|          | PAIMA  | DORSO | PAIMA  | DORSO | PAIMA  | DORSO | PAIMA          | DORSO | PAIMA   | DORSO | PAIMA   | DORSO | Plomo   | Bario |
| 46       | -  | -     | -  | -     | -  | -     | -              | -     | -   | +     | +   | -     | -   | -     |
| 47       | -  | -     | -  | -     | -  | -     | *              | ***   | -   | -     | -   | -     | -   | -     |
| 48       | ++   | +++   | -  | -     | -  | -     | -              | -     | -   | -     | ++  | -     | -   | -     |
| 49       | ++   | +++++ | -  | -     | -  | -     | -              | -     | +   | ++    | -   | -     | -   | -     |
| 50       | +++  | +++   | ++   | +     | -  | -     | -              | -     | -   | +++   | +   | ++    | ++  | -     |

T a b l a    N o .    7

Resumen de los Resultados.-

|  |   |      |
|--|---|------|
| No. total de casos   | 50  | 100% |
| No. de casos positivos al revelar los guanteletes con Difenilamina                     | 38  | 76%  |
| No. de casos positivos al revelar los mismos guanteletes con Rodizonato                | 44  | 88%  |
| No. de casos negativos al revelar con Difenilamina                                     | 12  | 24%  |
| No. de casos negativos al revelar con Rodizonato de sodio                              | 6   | 12%  |
| No. de casos en que la combinación de ambos métodos coincide en positividad            | 36  | 72%  |
| No. de casos en que coinciden en negatividad   | 4   | 8%   |
| No. de casos en que no coinciden   | 10  | 20%  |
|  | 2 positivos con Difenilamina y 8 positivos con Rodizonato de sodio. |      |
| No. de casos positivos de las <u>te</u> las que sirven como medio de <u>con</u> tacto. | 6   | 12%  |
|  | 3 positivos para Plomo y 3 positivos para Bario.                    |      |

En la Tabla No. 7, se han resumido los resultados y se puede observar concretamente el número de casos positivos con Difenilamina y con Rodizonato; los casos negativos con Difenilamina y con Rodizonato, también el número de problemas en los cuales la combinación de ambos métodos, motivo del presente trabajo, han coincidido en positividad, así como el número de casos en que han coincidido en negatividad; por último, se ha registrado el número de casos en que no coinciden en resultados las técnicas empleadas en este trabajo.

Por los resultados resumidos que se observan en la Tabla No. 7, se puede apreciar que el porcentaje de casos positivos con Rodizonato es superior a los casos positivos con el Reactivo de Lunge, esto es indicativo de una mayor sensibilidad y especificidad del Rodizonato y por consecuencia lógica el porcentaje de casos negativos obtenidos con la aplicación del Rodizonato de sodio, es inferior a los obtenidos con Difenilamina.

El método aplicado en la realización de esta tesis, coincidió en positividad en 36 problemas, en negatividad hubo 4 casos y no coincidieron los resultados en 10 problemas.

Es interesante señalar el caso número 10 de la Tabla No. 3, en el cual el número de puntos considerados como contaminantes fue superior al de cualquier otro problema y sin embargo resultó positivo por el Lunge y el Rodizonato de sodio, observándose con bastante nitidez la diferencia en morfología y

coloración, entre los puntos contaminantes y los de plomo --  
provenientes del disparo de una arma de fuego.

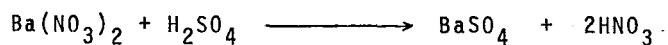
Ahora bien, de los 10 casos en que las técnicas empleadas no coincidieron, se observa en la Tabla No. 7, que 8 casos resultaron positivos con Rodizonato de sodio y 2 negativos, por tal motivo se aprecia que en la combinación de ambas técnicas, el Rodizonato demostró ser más sensible, específico y noble, además que debe ser imprescindible su aplicación después del revelado con la Difenilamina sulfúrica, para tener un mayor porcentaje de seguridad en los resultados que se obtengan y se reporten.

Por último, el número de casos positivos de las telas - que se aplicaron como medio de contacto, es pequeño, correspondiendo tres positivos para Plomo (Problema No. 4; 44 y 50) y tres positivos para Bario (Problema No. 8, 29 y 37), como se observa se trata de problemas diferentes.

En el caso del Plomo, esta posibilidad tan baja es explicable debido a que las partículas de Plomo están adheridas a la parafina del guantelete y sólo en contadas ocasiones pueden llegar a desprenderse y quedar adheridas a las telas que nos sirven como medio de contacto, por lo que es indispensable la aplicación de estas telas en el proceso de la -- técnica de revelado.

En el caso del Bario, el bajo índice de positividad es debido a que el Bario se encuentra en forma de sal (Nitrato

de Bario) el cual al aplicar la Difenilamina sulfúrica reacciona de la siguiente forma:



Este sulfato de Bario al lavar el guantelete, va a ser arrastrado y de ahí el por qué sean tan escasos los resultados positivos para este elemento.

En el caso del Plomo, que no reacciona con el ácido sulfúrico, quedará adherido en el guantelete, para posteriormente ser revelado con el Rodizonato de sodio.

Por lo anteriormente explicado, se observa que tanto para el Plomo como para el Bario es imprescindible la aplicación de estas telas como medio de contacto, porque en cualquier momento pueden dilucidar la positividad en un problema dado.



### Pruebas de Control.-

Dentro de este capítulo de Métodos y Procedimientos, se incluye una sección de pruebas de control realizadas con el fin de comprobar la especificidad y factores que puedan interferir en los resultados de las pruebas realizadas en el presente trabajo.

- 1.- Se hicieron guanteletes de parafina a personas que no habían disparado una arma de fuego, se revelaron con el reactivo de Lunge y con el de Harrison-Gilroy, encontrándose resultados negativos en ambos casos.
- 2.- Se esparció limadura de Plomo en guanteletes hechos a personas que no habían disparado una arma de fuego y se procedió a revelarlos por medio de la técnica del Rodizonato de sodio, observándose puntos de color rojo escarlata pero de mayores dimensiones que los observados en los guanteletes hechos a personas que sí habían disparado.
- 3.- Se realizó otra prueba que consistió en sumergir las manos de dos personas en gasolina, efectuando enseguida los guanteletes respectivos y revelándolos por medio de la técnica del Rodizonato de sodio. Se observó en estos casos solamente una ligera coloración roja y no puntos característicos.
- 4.- Otra de las pruebas consistió en que un voluntario dis-

disparó una pistola calibre 38 especial, aproximadamente en 15 ocasiones y enseguida se lavó las manos perfectamente, después se le practicó la prueba de Harrison--Gilroy, de acuerdo al procedimiento empleado por los autores, encontrándose resultados negativos. Después de efectuada la prueba anterior, se le hicieron los guanteletes de parafina y éstos fueron revelados por el método de "Combinación de las técnicas de la Difenilamina y del Rodizonato de sodio" encontrándose resultados positivos por ambas técnicas.

- 5.- Se puso limadura de Plomo en una cápsula de porcelana y se hizo reaccionar directamente con solución de Rodizonato de sodio al 0.2% en agua destilada, no se observó reacción alguna, lo cual indica que para que la reac---ción se efectúe, el Plomo debe estar en forma de ión.
- 6.- En una cápsula de porcelana, se puso tierra y se le ---agregó gasolina, enseguida ésta fue evaporada y se agregó a la tierra el reactivo de Rodizonato de sodio, ob--servándose sólo una coloración roja muy débil.
- 7.- Empleando pequeños fragmentos de tela blanca de algodón se recogió polvo de diversas partes de muebles y obje--tos del Laboratorio de la Dirección General de Policía y Tránsito, enseguida estas telas fueron tratadas por -medio de la técnica de Harrison-Gilroy, observándose resultados negativos para la identificación de Plomo y Bario.

8.- Se empleó Cloruro de Plomo en solución para rociar un guantelete y se le aplicó enseguida el reactivo de Rodi<sub>2</sub>zonato de sodio, observándose una coloración roja escarlata en forma de mancha pero no en forma de puntos característicos.

### Fotografías.-

Las microfotografías que se anexan en el presente trabajo, fueron tomadas por medio de una Cámara marca DIETZGEN, modelo PM-6, que se adapta a un Microscopio estereoscópico marca Dietzgen el cual cuenta con un sistema de iluminación que consta de un regulador de intensidad de luz de la misma marca y una lámpara modelo LSG, también de la misma marca.

Los parámetros ideales que se tuvieron en cuenta para tomar las microfotografías fueron los siguientes:

En la cámara:

El tiempo de exposición fue de 1/2 a 1/5 de segundo.

Filtro verde

100 grados Asa

En el microscopio, el número de aumentos fue:

10 x 6.5, 10 x 10, 10 x 16, 10 x 25 y 10 x 40.

Película:

Se utilizó una película de 135 mm. Kodacolor II de 100 grados ASA.

La mejor intensidad luminosa se obtuvo cuando la aguja de la perilla del regulador fue puesta en la última división de la izquierda en la escala.

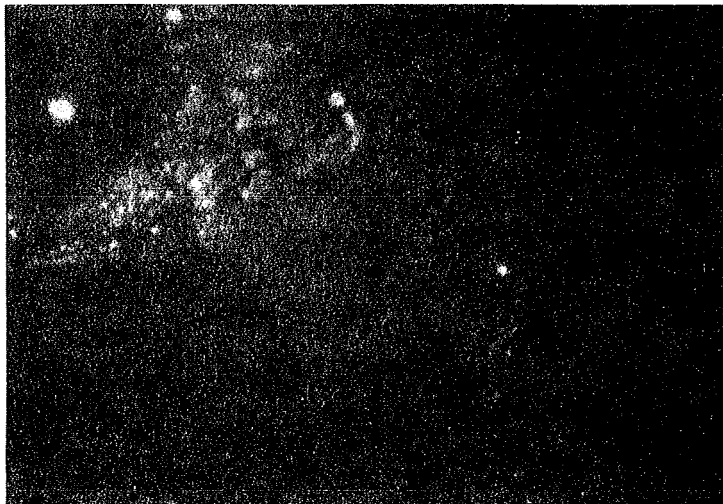
También se puede utilizar una lámpara de 150 Watts, haciendo incidir el haz de luz sobre el objeto, a una distancia entre 40 y 50 cm. y elevando la fuente de luz a una altura de

40-50 cm.

Las microfotografías se agruparon de la siguiente manera:

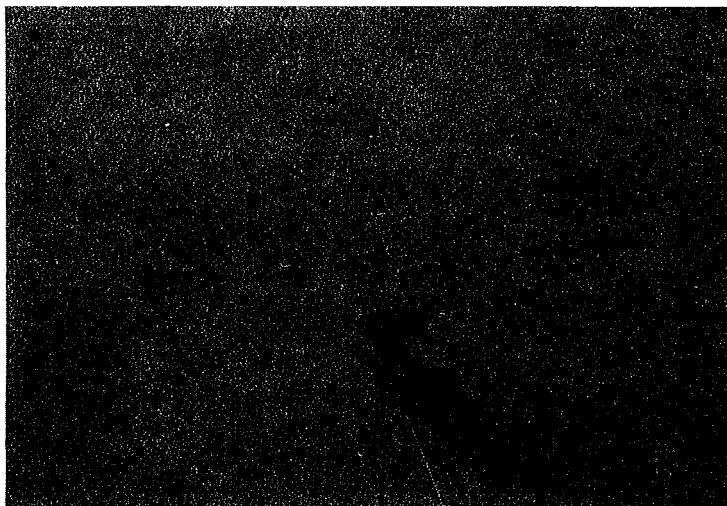
- 1) De la No. 1 a la No. 3 corresponden al primer revelado en el Método de Combinación de las técnicas de la Difenilamina y del Rodizonato de sodio, por medio del Reactivo de Lunge.
- 2) La microfotografía No. 4, corresponde a una prueba con numerosos residuos de Plomo, revelada por el método de Harrison-Gilroy, de la mano de una persona que disparó en 10 ocasiones una pistola calibre 38 especial, tipo revólver.
- 3) Las microfotografías No. 5 a la 9, corresponden a una serie en la que se emplearon todos los aumentos con que cuenta el microscopio y que corresponden a una partícula de Plomo revelada con Rodizonato de sodio.
- 4) El grupo correspondiente a las microfotografías No. 10, 11 y 12, muestra un residuo de Bario revelado con el Rodizonato de sodio, empleando tres diferentes aumentos.
- 5) Por último, las microfotografías No. 13 y 14, en las cuales se puede observar un residuo de Plomo tal cual se revelan estos residuos en el guantelete.





Microfotografía No. 1. (Aumento 10 x 6.3).

En esta fotografía se muestra un punto característico proveniente de los residuos nitrados de la deflagración de la pólvora, los cuales - quedan adheridos al guantelete, revelándolo por medio del reactivo - de Lunge.



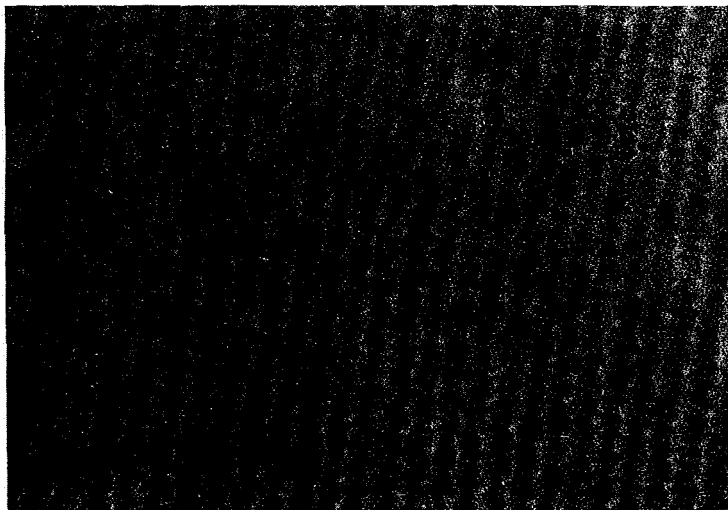
Microfotografía No. 2. (Aumento 10 x 25)

En esta fotografía se observa la forma de comilla que es característica de los puntos que aparecen en una prueba parafinoscópica positiva y que se deben a la reacción de la Difenilamina con los nitratos y nitritos, el color no se aprecia debido a la intensidad de luz con que se tomó la foto.



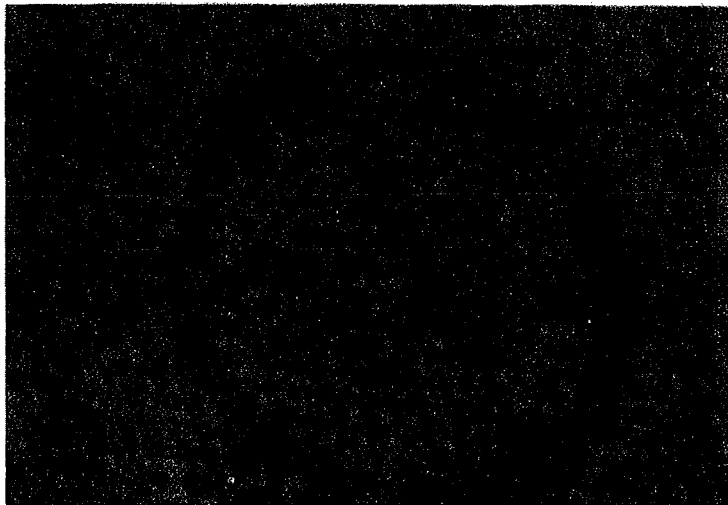
Microfotografía No. 3. (Aumento 10 x 40).

Aquí se puede observar la coloración azul violeta del mismo punto de la fotografía anterior, pero tomado a mayor aumento y con menor intensidad de luz.



Microfotografía No. 4. (Aumento 10 x 6.3).

En esta fotografía se aprecian 8 puntos de color rojo escarlata, que corresponden a la reacción del Rodizonato de sodio con el Plomo en una prueba de Harrison-Gilroy positiva, siguiendo el procedimiento tal cual lo recomiendan los autores.



Microfotografía No. 5. (Aumento 10 x 6.3).

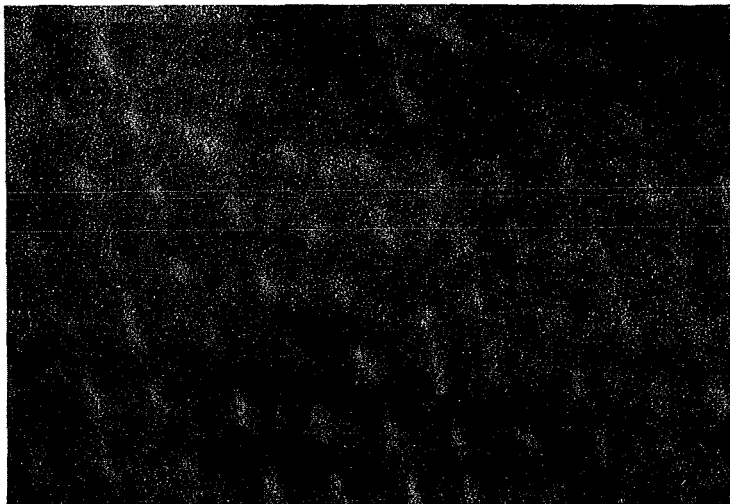
Aquí se observa un punto característico que corresponde a la reacción del Rodizonato de sodio con un residuo de Plomo, en las telas que se usaron como medio de contacto entre el guantelete y los reactivos.



Microfotografía No. 6. (Aumento 10 x 10).

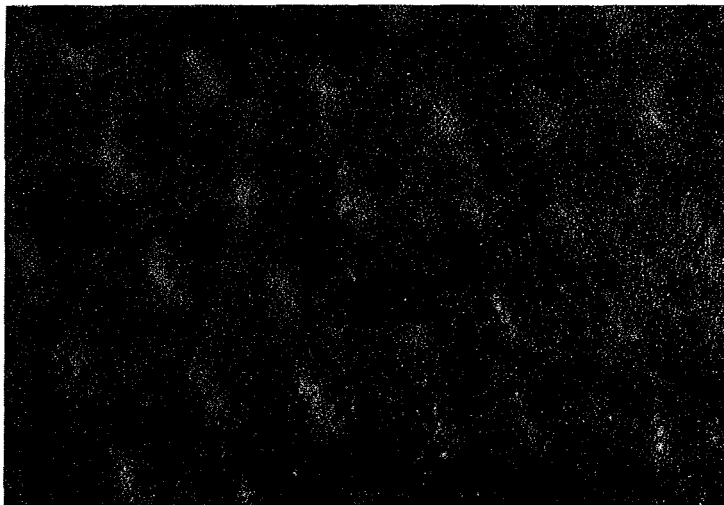
En esta fotografía se observa el mismo punto de la fotografía anterior pero a mayor aumento.





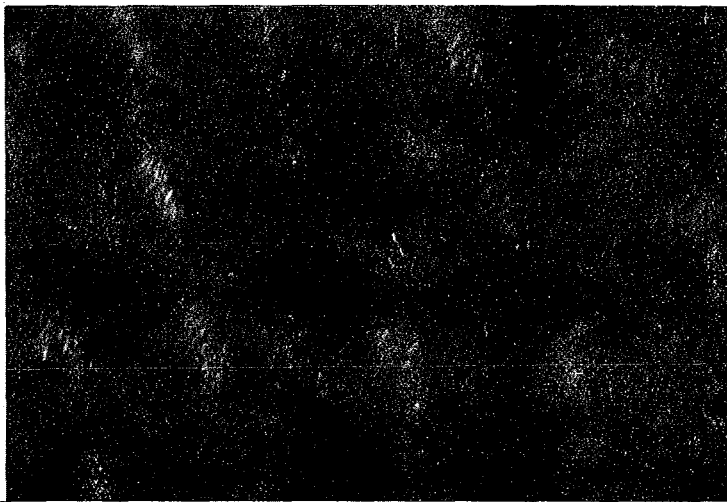
Microfotografía No. 7. (Aumento 10 x 16).

Es la misma que la No. 6 pero a mayor aumento, en esta foto se empieza a apreciar alrededor del residuo, un halo de color rojo escarlata.



Microfotografía No. 8. (Aumento 10 x 25).

Aquí se observa el mismo punto pero con un aumento de 10 x 25, notándose con mayor claridad la partícula de Plomo en la parte central y el halo que se debe a la disolución del Plomo y difusión en la tela.



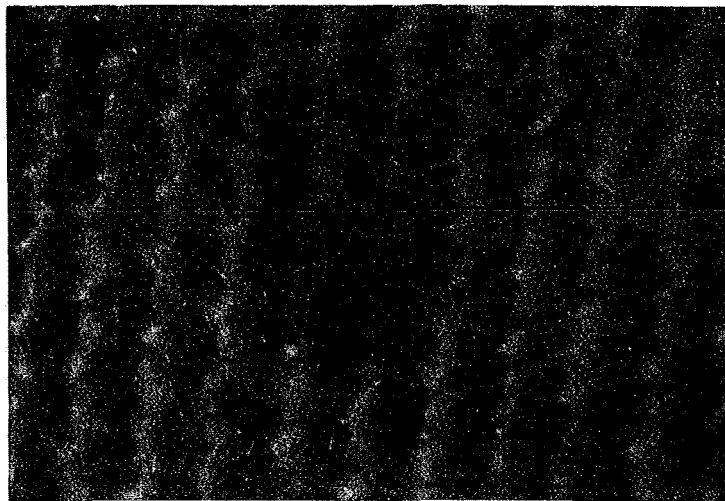
Microfotografía No. 9. (Aumento 10 x 40)

Aquí podemos observar claramente el residuo de plomo en la parte central y el halo de color rojo escarlata que se debe a que el Plomo se disuelve parcialmente con el HCl y al aplicar el Rodizonato de sodio, se observa esta reacción característica.



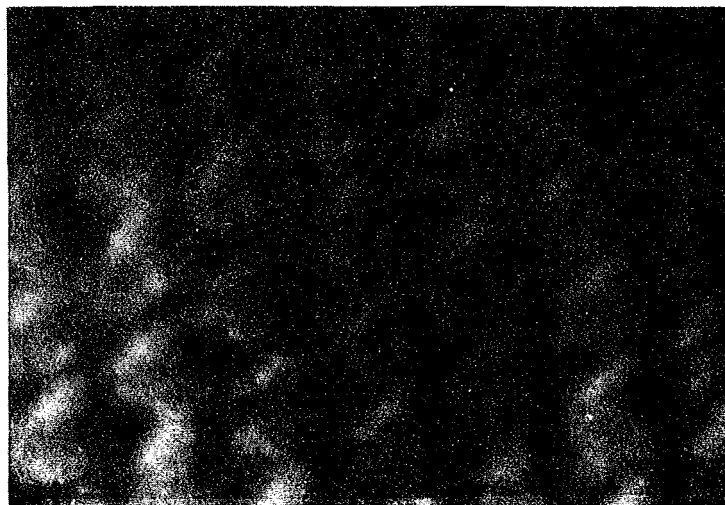
Microfotografía No. 10 (Aumento 10 x 6.3)

Aquí se observa la reacción del Rodizonato de sodio con el Bario, que se efectúa en las telas empleadas como medio de contacto en el método de "Combinación de las técnicas de la Difenilamina" y -- del Rodizonato de Sodio", que como se aprecia se trata de una mancha de color naranja, probablemente la intensidad de luz con que se tomó la foto es la causa de que se observe este color, que debe ser rosa marrón.



Microfotografía No. 11. (Aumento 10 x 16).

Se trata de la misma mancha de Bario que la de la fotografía anterior pero a mayor aumento, se observa también aquí el color -- naranja.



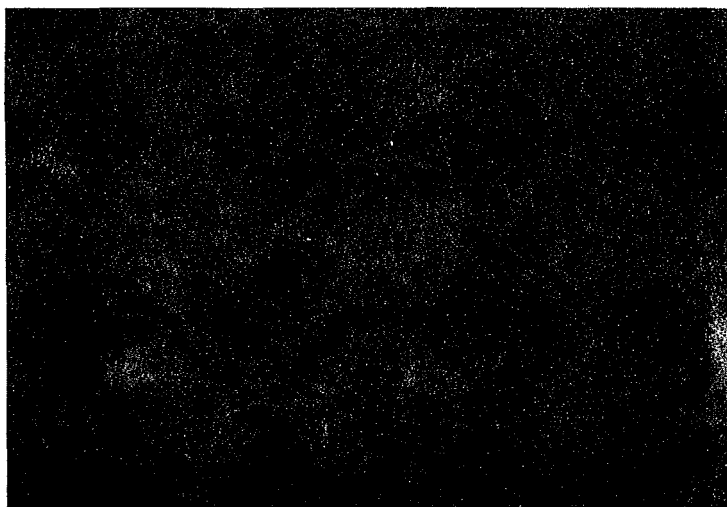
Microfotografía No. 12 (Aumento 10 x 25).

En esta fotografía se observa ligeramente la coloración rosa marrón que se aprecia al reaccionar el Rodizonato de sodio con el Bario, al tomarla se aplicó menor intensidad de luz.



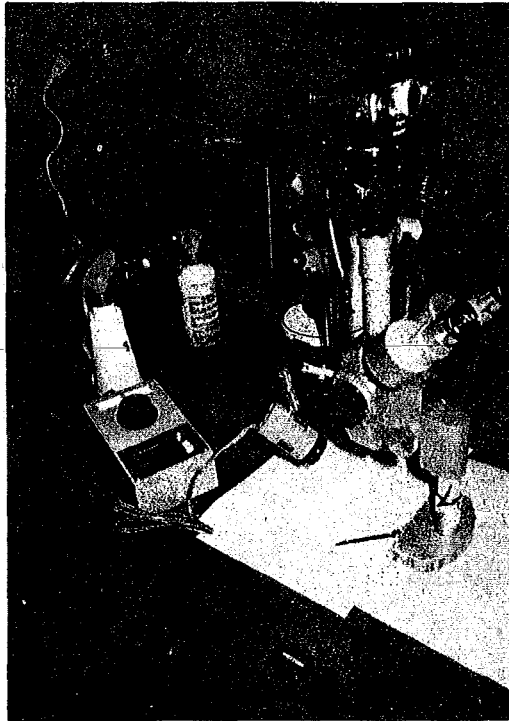
Microfotografía No. 13. (Aumento 10 x 16)

En esta fotografía se aprecia un punto característico de Plomo que -  
corresponde a la reacción con Rodizonato de sodio, fue tomada sobre  
un guantelete que había sido revelado por medio de la "Combinación -  
de las técnicas de la Difenilamina y del Rodizonato de sodio".



Microfotografía No. 14. (Aumento 10 x 40)

Se observa el mismo punto de la fotografía anterior pero a mayor --  
aumento, se aprecia el residuo de Plomo en la parte central y el ha  
lo de color rojo escarlata.



Equipo utilizado para tomar las fotografias del presente trabajo.

## V.- C O N C L U S I O N E S

- 1.- Combinando las técnicas de la Difenilamina con la del Rodizonato de sodio, se obtiene mayor especificidad que con la prueba de la parafina sola, ya que el Plomo y el Bario son elementos que no se encuentran con frecuencia en la actividad diaria de un individuo.
- 2.- Empleando el método de "Combinación de las técnicas de la Difenilamina con el Rodizonato de sodio", se obtienen resultados más confiables para determinar si una persona ha disparado una arma de fuego debido a que se aumenta la sensibilidad porque se determinan cuatro componentes que provienen del disparo: a) con el reactivo de Lunge se determinan nitratos y nitritos y b) con el Rodizonato de sodio se detectan el Plomo y el Bario.
- 3.- La posibilidad de encontrar resultados falsos positivos disminuye notablemente ya que la reacción del Rodizonato de sodio con el Plomo y con el Bario es más específica que la de la Difenilamina con los nitratos y nitri--tos.
- 4.- Este método es sencillo ya que no requiere de equipo sofisticado, el material que se emplea es accesible para cualquier laboratorio, lo mismo que el costo de los ---

reactivos y se pueden adquirir fácilmente en el mercado, el costo por análisis es aproximadamente de 30 pesos y el tiempo en que se lleva a cabo una prueba es de una hora aproximadamente.

- 5.- Comparando el costo que tiene la prueba para la identificación de Plomo y Bario por medio de la técnica del Rodizonato de sodio, es mucho menor que cuando se emplea el método de Activación de Neutrones o Absorción Atómica para identificar los mismos elementos presentes en la mano de una persona que ha disparado una arma de fuego, además de que el equipo es caro y difícil de conseguir como en el caso de Activación de Neutrones.
- 6.- Por medio de las diferentes pruebas de control realizadas, se demuestra la especificidad y sensibilidad del método empleado en el presente trabajo para determinar si una persona ha disparado o no una arma de fuego.
- 7.- La prueba de Harrison-Gilroy, aunque es específica tiene la desventaja de que después de un lavado de manos completo, se obtienen resultados negativos aún inmediatamente después de haber efectuado uno o varios disparos.
- 8.- La mayor o menor maculación de las manos de una persona que dispara una arma de fuego, depende del tipo de arma empleada (revólver o escuadra), el calibre, número de disparos, hábitos higiénicos y el tiempo transcurrido



después del disparo, pero se ha observado que las armas tipo revólver tienen mayor escape de gases, por lo que en estos casos hay mayor probabilidad de maculación y por lo tanto al aplicar el método empleado en el presente trabajo, se obtengan resultados positivos.

- 9.- Cuando se emplea el Rodizonato de sodio para identificar residuos provenientes de un disparo, se recomienda usarlo recientemente preparado y guardarlo en un frasco ámbar ya que tiene el inconveniente que se descompone rápidamente por la acción de la luz, por lo cual no es recomendable usarlo después de 24 horas de haberlo preparado.
- 10.- Se recomienda que los Laboratorios Químicos de las diferentes Corporaciones Policíacas, empleen el método de "Combinación de las técnicas de la Difenilamina y del Rodizonato de sodio" como técnica para determinar si una persona ha disparado o no una arma de fuego.

## VI.- B I B L I O G R A F I A

- 1.- Castellanos Israel  
"Derma-Nitrato Test in Cuba"  
Journal of Criminal Law and Criminology  
Vol. 33, 482 (1948).
- 2.- Harrison H. & Gilroy R.  
"Firearms Discharge Residues"  
Journal of Forensic Sciences  
Vol. 4, 184 (1959).
- 3.- Midkiff C.R.  
"Detection of gunshot residues"  
Journal of Police Science and Administration  
Vol. 3, 77 (1975).
- 4.- Green A. and Sauve J.  
"The Analysis of Gunshot Residue by Atomic Absorption Spectrophotometry"  
Atomic Absorption Newsletter  
Vol. II, pág. 193 (1973).
- 5.- Travis E. Owen  
"Detection of lead residues with sodium Rodizonate"  
R. Louisiana State Crime Laboratory.
- 6.- Mc Farland R. & Mc Lain M.  
"Rapid Neutron Activation Analysis for Gunshot Residue Determination"  
Journal of Forensic Sciences  
Vol. 18, pág. 226 (1975).

- 7.- Castellanos I. and Plasencia R.  
"The Paraffin Guntlet: A New Technique for the Dermo-  
Nitrate Test"  
Journal of Criminal Law and Criminology  
Vol. 32, 465 (1941).
- 8.- "The Diphenylamine Test for Gunpowder"  
F.B.I. Law Enforcement Bulletin  
October 1935.
- 9.- Renshaw G.  
"The Determination of Barium by Flameless Atomic Absor-  
tion Spectrophotometry"  
Absortion Newsletter  
Vol. 12, pag. 158 (1973).
- 10.- R.S. Nesbitt, B.S.J.E. Wessel, G.M. Wolten, and P.F. --  
Jones  
"Evaluation of a Photoluminescence Technique for the De-  
tection of Gunshot Residue"  
Journal of Forensic Sciences  
Vol. 22, 2 (1977)..
- 11.- Hermann Kast y Ludwig Metz  
Examen Qímico de las Materias Explosivas  
Editorial Aguilar  
Año 1959.
- 12.- O'Hara Charles E.  
An introduction to Criminalistics  
New York Macmillan Co. 1956.
- 13.- Soderman y O'Connel  
Métodos Modernos de Investigación Policíaca  
Limusa Wile, 1975.

- 14.- Locard Edmond  
Manual de Técnica Policiaca  
Cuarta Edición 1963  
Editorial José Montesó
- 15.- Simonin C.  
Medicina Legal Judicial  
Tercera Edición 1973  
Editorial JIMS
- 16.- Frank Lundquist  
Methods of Forensic Science  
Vol. I, pág. 593-637.  
Interscience Publishers Inc.  
New York 1962.
- 17.- Paul L. Kirck  
Crime Investigation. Physical Evidence and the Police  
Laboratory  
Interscience Publishers Inc.  
New York 1960.
- 18.- Villavicencio Ayala  
Procedimientos de Investigación Criminal  
Segunda reimpresión 1976  
Limusa Wiley.
- 19.- E. Merck AG. Darmstadt  
Reactivos Orgánicos para el Análisis Inorgánico  
Tercera edición 1966
- 20.- Merck J. Fries  
Análisis de Trazas.
- 21.- Merck Index  
Edición 1969.