



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
**Unidad Xochimilco**

**División de Ciencias Biológicas y de la Salud**

**Departamento de Sistemas Biológicos**

**Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo**

**Informe de Servicio Social**

**Análisis fisicoquímicos de muestras provenientes de hechos delictivos para su identificación.**

**Proyecto genérico**

**Aspectos sociosanitarios, políticos y legales de la práctica profesional del Q.F.B.**

**Etapas**

**Realizar estudios de campo orientado a detectar problemas en la dispensación y consumo de productos del área farmacéutica.**

**Alumno: Enrique Ríos Cruz**

**Matrícula: 2132032101**

**Asesora Interna:**

**Dra. Norma Angélica Noguez Méndez. No. Eco. 17902**

**Asesora Externa:**

**QFB. Claudia Korber Soto. No. De cédula: 1869930**

**Dependencia donde se realizó:**

**Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México; Coordinación General de Investigación forense y Servicios Periciales.**

**Fecha de inicio: 18 de abril 2022**

**Fecha de término: 18 de octubre 2022**

## INTRODUCCIÓN

La relevancia de la ciencia en la impartición de justicia a nivel global ha ido en aumento de manera proporcional a la posibilidad de obtener información cada vez más confiable a partir de los indicios recogidos en un lugar de los hechos. La forma de esclarecer los delitos y la operación de los sistemas de justicia mismos se ha visto modificados de manera sustancial gracias a los avances teóricos y técnicos de la ciencia forense.<sup>1</sup>

En México el sistema de impartición de justicia transita desde el 2008 hacia un sistema acusatorio, caracterizado por la fase de juicio oral en donde ya no es el testimonio del perito lo que importa, sino la validez y la confiabilidad de sus resultados, así como las inferencias que permitan argumentar a favor o en contra de la teoría del caso.<sup>1</sup>

La Química es una de las disciplinas más interdisciplinarias que existen. Asiste a distintas Ciencias Forenses como son la Toxicología, Genética Forense, Balística, Dactiloscopia, Antropología Forense o Documentoscopia.<sup>2</sup>

Hoy en día predomina una visión químico-analítica de la Química Forense. Según esta visión la Química Forense realiza análisis cualitativos, cuantitativos y análisis comparativos para interpretar los indicios recogidos en hecho delictivo.<sup>2</sup>

La presente investigación se enfocará en el análisis de muestras con las principales técnicas instrumentales (Químico-Analíticas) que se implementan en el área de la Química Forense, con el objeto de identificar el tipo, naturaleza, presencia o ausencia de sustancias que provienen de un hecho delictivo. Además de que nos brindara una visión integral de su aplicación en el auxilio del esclarecimiento de los hechos.

**Objetivo general:** Analizar e identificar muestras provenientes de un hecho delictivo para determinar su presencia, ausencia, naturaleza química, clasificación y/o cuantificación.

**Objetivos específicos:**

- Comprender el campo de aplicación de la Química forense para el esclarecimiento o especificación de un hecho delictivo.
- Realizar análisis cualitativos y cuantitativos de muestras para auxiliar al esclarecimiento de problemas delictivos.
- Implementar técnicas instrumentales para la identificación de sustancias.

**Metodología:**

Esta investigación se llevó a cabo con múltiples técnicas instrumentales para la identificación, comparación, detección de presencia o ausencia, clasificación o cuantificación de diversas sustancias.

**1. Identificación de grupos sanguíneos: Sistema ABO y Rh (Hemaglutinación directa)**

La prueba para la clasificación sanguínea de rutina se basa en una técnica de hemaglutinación. Se utilizan reactivos comerciales (antisuero A, Antisuero B, antisuero D) que contienen anticuerpos específicos para cada antígeno, que se mezclan con la sangre a clasificar. Después de mezclar una gota del reactivo con una gota de sangre, se observa la presencia de hemaglutinación.<sup>3</sup>

#### ❖ Materiales

- Placa de vidrio para grupos sanguíneos
  - Palitos de madera
  - Guantes de látex
    - Micropipeta
- Puntas para micropipeta

#### ❖ Reactivos

- Antisuero A
- Antisuero B
- Antisuero D (factor Rh)
- Muestra sanguínea

#### **Procedimiento:**

- a) Colocar aproximadamente 1 gota de muestra sanguínea en 3 espacios de la placa de vidrio para grupos sanguíneos.
- b) Agregar en cada espacio 2 gotas de un antisuero diferente e identificarlos.
- c) Mezclar con un palito de madera diferente cada espacio con la muestra y el antisuero.
- d) Esperar la hemaglutinación.

#### **2. Determinación de sangre humana por técnica de Inmunocromatografía en placa en indicios de hechos delictivos**

Los sistemas Inmunocromatográficos son sistemas rápidos, basados en la captura inmunológica de un coloide coloreado durante su paso a través de una membrana sobre la cual ha sido inmovilizado un anticuerpo (o un antígeno).<sup>4</sup>

La Inmunocromatografía es una técnica que permite visualizar la reacción antígeno-anticuerpo por la acumulación de oro coloidal o latex en zonas específicas de la membrana de nitrocelulosa donde previamente se han fijado los anticuerpos o antígenos de captura.<sup>4</sup>

#### ❖ Materiales

- Kit comercial de rastreo hemático.  
(Hisopó, Solución Buffer, placa de inmunocromatografía, pipeta de transferencia de 1 mL)
- Guantes de látex

#### ❖ Reactivos

- Objeto, prenda o muestra sanguínea.

#### **Procedimiento:**

- a) Humedecer el hisopo con el buffer.
- b) Con el hisopo humedecido pasar varias veces sobre el área del objeto o prenda que se analizara, de tal modo que se observe una impregnación de la muestra sanguínea en el hisopo.
- c) Colocar el hispo en el buffer y agitar, esperar 1 min.
- d) Con la pipeta de transferencia, tomar 1 mL de buffer y colocarlos sobre el espacio designado en la placa de inmunocromatografía.
- e) Esperar a que la solución buffer recorra la placa y se revele el resultado.

### **3. Prueba de Fenolftaleína o test de Kastle-Meyer en indicios de hechos delictivos**

La prueba de Kastle Meyer es una prueba forense preliminar, en la que se usa el indicador químico fenolftaleína. Se basa en los indicadores químicos de la hemoglobina, sustancia de la sangre que reacciona a la fenolftaleína. Es básicamente una prueba colorimétrica. La fenolftaleína en soluciones ácidas permanece incolora, pero en presencia de bases se torna rosa: utiliza el reactivo conocido con el nombre de Kastle-Meyer.<sup>7</sup>

La solución de Kastle-Meyer es una solución de indicación de fenolftaleína que se ha reducido, generalmente haciéndola reaccionar con zinc en polvo. La base de la prueba es que la actividad similar a la peroxidasa de la hemoglobina en la sangre

cataliza la oxidación de la fenolftaleína reducida incolora en fenolftaleína rosa brillante.<sup>7</sup>

❖ **Materiales**

- Hisopo
- Guantes de látex
- Pipetas de transferencia de 2mL

❖ **Reactivos**

- Solución de fenolftaleína.
- Peróxido de hidrogeno.
- Objetos, prendas o muestra sanguínea.

**Procedimiento:**

- a) Humedecer el hisopo con la solución de peróxido de hidrogeno.
- b) Con el hisopo humedecido pasar varias veces sobre el área del objeto o prenda que se analizara, de tal modo que se observe una impregnación de la muestra sanguínea en el hisopo.
- c) Agregar 3 gotas de solución de fenolftaleína al hisopo.
- d) Esperar que el resultado se revele.

**4. Identificación de alcohol y sustancias volátiles por cromatografía de gases en muestras sanguíneas u orina**

La cromatografía de gases es una técnica analítica que permite separar mezclas de compuestos fácilmente volatilizables y térmicamente estables en sus componentes individuales. En todas las separaciones cromatográficas, la muestra se desplaza con una fase móvil, a través de una fase estacionaria con la que es inmisible fijada a una columna o a una superficie sólida. Las dos fases se eligen de tal forma que los componentes de la muestra se distribuyan de modo distinto entre ambas. Aquellos componentes fuertemente retenidos por la fase estacionaria se mueven lentamente con el flujo de la fase móvil; por el contrario, los componentes que se unen débilmente se mueven con rapidez. Como consecuencia de la distinta

movilidad, los componentes de la muestra se separan en bandas que pueden identificarse cualitativa y/o determinarse cuantitativamente.<sup>8</sup>

#### ❖ Materiales y equipos

- Micropipeta de 20-200 µL
- Micropipeta de 200-1000 µL
  - Puntas de micropipeta
- Cromatógrafo de gases (PerkinElmer Clarus 580)
- Viales de vidrio de 20 mL
  - Grafador de viales
- Agrafes de aluminio de 20 mm de diámetro
  - Septas para viales de polipropileno de 20 mm de diámetro
    - Guantes de nitrilo
      - Marcador
    - Gradilla para viales
- Frascos de plástico de 50 mL
  - Vortex

#### ❖ Reactivos

- Agua destilada
- Etanol grado HPLC
- Metanol grado HPLC
- 1-propanol grado reactivo
- Muestras problema (sanguínea u orina)

Para el análisis y verificación del proceso se necesitan soluciones (estándar interno y controles de verificación) con concentraciones conocidas, a continuación se describe la preparación de dichas soluciones.

#### **Procedimiento:**

- Preparación solución patrón del estándar interno (1-propanol):
  - a) En un frasco de vidrio con tapa de capacidad de 1000 mL, se pesan las cantidades como se indica en la tabla I, para la preparación de 1000 mL de la solución patrón a una concentración de 600 mg/dL.

**Tabla I. Preparación de solución patrón del estándar interno 1-propanol**

Analito	Peso (g)	Peso de agua (g)
1-propanol	6	994

- Preparación Solución Patrón:
  - b) En un frasco de plástico con tapa roja de capacidad de 50 mL, se pesan las cantidades como se indica en la tabla II, emplear etanol y metanol grado cromatográfico, para la preparación de 40 mL de la solución patrón a una concentración de 1000 mg/dL:

**Tabla II. Preparación de solución patrón**

Analito	Peso (g)	Peso de agua (g)
Etanol	0.4	39.2
Metanol	0.4	

- Preparación de Soluciones Controles de Verificación:
  - c) En 3 frascos de plástico con tapa roja de capacidad de 50 mL, se preparan 3 niveles de la curva de calibración (bajo, medio y alto) a un volumen de 40 mL cada uno, partiendo de la solución patrón se pesan las cantidades como se indica en la siguiente tabla.



**Tabla III. Preparación de soluciones controles de verificación**

Nivel	Control de Verificación metanol y etanol (mg/dL)	Peso de Solución Patrón (g)	Peso de Agua (g)
Bajo	50	2	38
Medio	200	8	32
Alto	600	24	16

▪ **Preparación de muestras:**

- d) Homogenizar la muestra de orina y/o sangre con agitación manual suave.
- e) Rotular con el número único cada uno de los frascos de plástico respecto al número asignado en la bitácora.
- f) Adicionar con micropipetas 400  $\mu$ L de muestra y 200  $\mu$ L de la solución patrón del estándar interno (1-propanol) a un vial de vidrio de 20 mL. Cambiar la punta de micropipeta entre la medición de cada muestra.
- g) Colocar el tapón de polipropileno y el agrafo, grafar perfectamente el vial (4 veces mínimo).
- h) Agitar vigorosamente la muestra utilizando un vortex durante aproximadamente 5 seg.
- i) Colocar los viales de vidrio en una gradilla hasta el momento de su análisis.

▪ **Preparación del blanco:**

- j) Tomar un vial de vidrio de 20 mL, colocar el tapón de polipropileno y el agrafo, grafar perfectamente el vial vacío.
- k) Rotular y colocar el vial en la gradilla hasta el momento de su análisis.

▪ **Preparación de Controles de Verificación:**

- l) Rotular 3 viales de vidrio de 20 mL respecto a la concentración de cada control de verificación (50,200 y 600 respectivamente).

- m) Adicionar con micropipetas 400  $\mu$ L de las soluciones controles de verificación (nivel bajo, medio y alto) y 200  $\mu$ L de la solución patrón del estándar interno (1-propanol) respectivamente en tres viales de vidrio de 20 mL previamente rotulados.
  - n) Cambiar la punta de micropipeta entre la medición de cada control.
  - o) Colocar el tapón de polipropileno y el agrafe, grafar perfectamente (4 veces mínimo).
  - p) Colocar los viales de vidrio en la gradilla hasta el momento de su análisis.
- **Carga de muestras:**
- Cada carga de muestras en el carrusel del automuestreador Headspace TurboMatrix 40, corresponde a un lote de análisis por lo que cada lote constara como máximo de 40 muestras incluyendo las muestras control. Cada lote se identificará respecto al turno y fecha de análisis de dicha secuencia (Ejemplo: MAJUSA110418).
- q) Colocar el blanco en el espacio número 1 en el carrusel del de Headspace
  - r) A continuación, colocar las muestras de acuerdo con el número con el que se rotularon.
  - s) Finalmente, colocar los controles de verificación en este orden: bajo, medio y alto.
  - t) Abrir el programa del cromatógrafo en el ordenador PC y generar una nueva secuencia, indicando el instrumento en que se realizarán, el tipo de análisis que se llevará a cabo y el número de viales que se colocaron en el auto muestreador. Generada la secuencia, abrir una ventana y dar nombre a cada uno de los viales en el orden en el que se colocaron en el auto muestreador, iniciando con el blanco y terminando en el estándar alto. Seleccionar el método que se utilizara (en este caso el método de alcoholes estándar interno) y seleccionar a todos los viales. Seleccionar el tipo de reporte que se requiere (en este caso reporte de alcoholes) y seleccionar a todos los viales. Finalmente generar una ruta (creando una carpeta en el turno, mes y

día que corresponde el análisis) y dar nombre a la secuencia. Guardar el archivo en el que se generó la secuencia y se inicia.

- u) Terminada la programación en el ordenador, checar la pantalla del equipo PerkinElmer Clarus 580 donde indica el estado de la flama, la columna, la temperatura del horno y revisar que todo se encuentre funcionando correctamente. Posteriormente revisar la pantalla del equipo PerkinElmer Turbomatrix 40 HeadSpace sampler donde se indica el tipo de análisis a realizar, este debe coincidir con el indicado en la programación del ordenador (en este caso debe decir ALCOHOLES). Finalmente, en la misma pantalla indicar el número de viales colocados en la bandeja que debe coincidir con los registrados en la secuencia de programación y oprimir el botón 'EMPEZAR' para iniciar el análisis de la corrida.

## **5. Identificación de drogas y sustancias de interés forense por medio de espectroscopia Infrarrojo**

La identificación de compuestos mediante espectroscopia infrarroja se basa en la capacidad de las moléculas para absorber la radiación en esta región. Cuando una radiación incide en una muestra, puede sufrir diferentes fenómenos, como son absorción, transmisión y reflexión. La intensidad de la radiación transmitida a través de la muestra es menor que la intensidad incidente: una parte de ella se ha reflejado, mientras que otra ha sido absorbida por la sustancia. Los átomos en la molécula están en continua vibración unos respecto a otros a través de los correspondientes enlaces, de modo que una molécula absorberá la radiación infrarroja cuando la frecuencia de una vibración específica sea igual a la frecuencia de la radiación infrarroja dirigida hacia ella. Además, para que se produzca, esta absorción de radiación debe dar lugar a un cambio en el momento dipolar de la molécula.<sup>10</sup>

La región más usada habitualmente para la identificación forense de sustancias es el IR medio (4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ ). La parte comprendida entre 2000 y 400  $\text{cm}^{-1}$  se conoce comúnmente como región de huella dactilar. El espectro infrarrojo es una medida de la cantidad de radiación infrarroja que es absorbida por la muestra, en

el que las frecuencias de absorción se mostrarán como bandas características en el espectro.<sup>10</sup>

❖ **Materiales y equipos**

- Balanza analítica
- Bolsas de plástico
  - Espátula
  - Vidrio de reloj
- PerkinElmer (FT-IR/ NIR Spectrometer)
- Selladora para bolsas de plástico

❖ **Reactivos**

- Etanol

**Procedimiento:**

Una vez que el perito haya recibido el indicio, se deben de realizar los estudios solicitantes en la cadena de custodia, si se clasifican como posibles estupefacientes o psicotrópicos se procede a realizar el análisis cualitativo y cuantitativo del indicio (IR y test colorimétricos).

- a) Realizar una descripción detallada de cómo viene contenido y embalado el indicio.
- b) Pesar y registrar el peso total del indicio (peso bruto recibido: PBR).
- c) Pesar y registrar el peso total solo del psicotrópico o estupefaciente (peso neto recibido: PNR)
- d) Tomar una muestra de 0.2g para los análisis cualitativos y cuantitativos. (IR y tests colorimétricos si los requiere)
- e) Abrir en el ordenador el programa del espectrofotómetro infrarrojo para realizar el análisis.
- f) Realizar un primer barrido en el programa para registrar el "FONDO".
- g) Tomar una pequeña cantidad con la espátula de la muestra tomada del indicio y colocar sobre la placa de muestreo del equipo y ejercer presión con la manija del equipo.
- h) Realizar en el programa el barrido para analizar la muestra.

- i) Esperar a que el equipo arroje el espectro infrarrojo de la muestra.
- j) Una vez terminado el análisis limpiar con un algodón y etanol el porta muestras del equipo IR.
- k) Pesar y registrar el peso restante entregado solo del psicotrópico o estupefaciente (peso neto entregado: PNE).
- l) Embalar el psicotrópico o estupefaciente en una bolsa, embalar en otra bolsa diferente el embalaje original; posteriormente ambas bolsas embalarlas en una bolsa general.
- m) Entregar al perito el resultado del espectro de infrarrojo y los pesajes para que se realice el dictamen correspondiente al indicio.
- n) Una vez que se haya realizado el dictamen del indicio el perito nos proporcionara las etiquetas para la identificación de cada una de las partes del indicio (psicotrópico o estupefaciente, embalaje original y etiqueta general con los datos de los análisis realizados) colocar etiqueta correspondiente a cada bolsa, sellar y pesar el total (peso bruto entregado: PBE).
- o) Todos los pesos van documentados en el dictamen del indicio.

## **6. Identificación de drogas y muestras de interés forense por colorimetría.**

Las técnicas colorimétricas se basan en la medida de la absorción de radiación en la zona visible por sustancias coloreadas. En principio todos los sistemas que cuantifican el color a partir de tres variables poseen aspectos colorimétricos: Luminancia, Longitud y Pureza.

Las pruebas colorimétricas son considerados ensayos presuntivos que nos permiten analizar de manera cualitativa la reacción de una sustancia con otra acorde al color y en base a eso determinar si se descarta o se busca confirmar la presencia de una clase o un grupo de drogas. También puede fungir como método de reducción o focalización de un análisis.

Las pruebas colorimétricas o pruebas rápidas se utilizan en el análisis forense de drogas para obtener una indicación presuntiva rápida de la posible presencia o

ausencia de una determinada droga o clase de drogas en la muestra en cuestión. El color obtenido en cada prueba particular puede variar en función de las condiciones del ensayo, la cantidad de sustancia presente y los materiales extraños que contenga la muestra.

En el laboratorio de química forense de la FGJCDMX se utilizarán estas pruebas para determinar si el indicio es algún tipo de estupefaciente o psicotrópico.

Para estas técnicas se debe de utilizar la muestra que fue recolectada en el punto número 7, inciso d.

- **Prueba de Duquenois-Levine Modificada: Identificación de cannabinoides (CBD), Cannabinos (CBN) y Tetrahidrocannabinol (THC)**

❖ **Materiales y equipos**

- Balanza analítica
- Tubo de Ensayo
- Vidrios de reloj
- Matraz aforado de 20 mL
  - Espátula

❖ **Reactivos**

- Acetaldehído
- Vainillina
- Etanol
- Ácido clorhídrico
- Cloroformo

Pasos por seguir:

- **Preparación de la solución Duquenois:**
  - a) Disolver 0.4g de vainillina y 0.5 mL de acetaldehído en 20 mL de etanol.
- **Método de aplicación:**
  - b) Colocar una pequeña cantidad de la muestra en un tubo de ensayo y agitar con 2 mL de la solución de Duquenois durante 1 minuto.
  - c) Añadir 2 mL de ácido clorhídrico concentrado y agitar la mezcla.

- d) Dejar en reposo durante 10 minutos y añadir 2 mL de cloroformo y mezclar lentamente.
- e) Visualizar resultado.

▪ **Prueba de Scott: Identificación de cocaína (alcaloides)**

❖ **Materiales y equipos**

- Balanza analítica
- Tubo de Ensayo
- Vidrios de reloj
- Matraz aforado de 100 mL
  - Espátula
  - Vortex

❖ **Reactivos**

- Cloruro de cobalto
- Tiocianato de amonio
  - Agua
- Ácido clorhídrico concentrado
  - Cloroformo
  - Glicerol

**Procedimiento:**

- **Preparación de la solución de Tiocianato de Cobalto:**
    - a) Diluir 6.8g de cloruro de cobalto y 4.3g de tiocianato de amonio en 100 mL de agua.
  - **Método de aplicación:**
    - b) En un tubo de ensayo agregar 1 mL de la solución Tiocianato de Cobalto y 1 mL de Glicerol.
    - c) Agitar en vortex durante 1 minuto.
    - d) Agregar una pequeña cantidad de muestra y en seguida, una gota de ácido clorhídrico concentrado.
    - e) Añadir 1 mL de cloroformo y mezclar lentamente.
    - f) Visualizar resultado.
-

- **Prueba de Marquis: identificación de alcaloides, opiáceos y anfetaminas**

❖ **Materiales y equipos**

- Campana de extracción
- Placa de porcelana blanca
  - Gotero
- Matraz aforado de 10 mL

❖ **Reactivos**

- Ácido sulfúrico concentrado
- Solución formaldehído 40%(v/v)

**Procedimientos:**

- **Preparación de la solución de Marquis:**
  - a) Mezclar cuidadosamente 10 mL de ácido sulfúrico concentrado con 8 a 10 gotas (aprox 0.25 mL) de la solución de formaldehído 40% (v/v).
- **Método de aplicación:**
  - b) Colocar una pequeña cantidad de muestra sobre un espacio en la placa de porcelana.
  - c) Añadir una gota de la solución de Marquis.
  - d) Visualizar resultado.

**7. Prueba de determinación para la identificación de residuos por disparo (Prueba de Rodizonato de Sodio).**

Cuando se realiza un disparo con arma de fuego se forma un doble cono de dispersión alrededor del arma, uno de los conos se dispersa hacia la parte delantera del arma y otro hacia la parte posterior, por ahora considérese este último cono. El escape de la pólvora incendiada producirá partículas derivadas de dicha ignición, las cuales se salpicarán en la o las manos de quien realice un disparo, o bien, quien



por alguna circunstancia tuviera en ese momento contacto con el arma. Estas partículas pueden ser derivados nitrados, así como los cationes de Pb (Plomo), Sb (Antimonio) y/o Ba (Bario). Esta prueba emplea rodizonato de sodio para la identificación de Plomo y/o Bario en la mano o manos de quien disparó.<sup>5</sup>

Tal identificación es posible en virtud de la coloración que resulta de las reacciones químicas que tienen lugar entre los elementos Bario y Plomo, los cuales son partes integrales de los cartuchos: Plomo del proyectil y Bario del fulminante.<sup>5</sup>

Se considera una prueba positiva si al desaparecer la coloración amarilla del Rodizonato de sodio, se observan partículas microscópicas de coloración rosa, lo cual indica la presencia de  $Ba^{+2}$ . Partículas microscópicas de coloración roja escarlata indicará la presencia de  $Pb^{+2}$ .<sup>5</sup>

#### ❖ Materiales y equipos

- Pipetas de transferencia de 4mL
  - Guantes de látex
  - Vidrios de reloj
  - Frascos ámbar
  - Placa de vidrio
    - Espátula
  - Tubos de ensaye
  - Balanza analítica
- Microscopio estereoscópico

#### ❖ Reactivos

- Solución de HNO al 2%.
  - Agua desionizada.
  - Rodizonato de sodio.
  - Acido tartárico 1.5g
  - Bitartrato de sodio 1.9g
- 4 Telillas pretratadas por el perito de campo

#### Procedimiento:

- a) Buffer de tartratos: disolver 1.9g de bitartrato de sodio y 1.5g de ácido tartárico en 100 mL de agua desionizada.
- b) Solución Rodizonato de sodio: disolver 0.002g de Rodizonato de sodio en 10 mL de agua desionizada y mezclar bien.

- c) Colocar en la placa de vidrio las telillas tomadas por el perito de campo e identificarlas por la parte de debajo de la placa de acuerdo a la zona correspondiente de la mano.
- d) Ya colocadas e identificadas las telillas se agregan de 2 a 3 gotas del buffer de tartratos, asegurando que quede húmeda en su totalidad la telilla.
- e) Posteriormente se agregan de 2 a 3 gotas de la solución de Rodizonato de sodio, asegurando que quede impregnado el reactivo en cada una de las telillas.
- f) Observar resultados en el microscopio estereoscópico.

#### **8. Prueba de determinación para la identificación de residuos por disparo (Prueba de Walker)**

Esta prueba se utiliza cuando lo que se trata de investigar es la presencia de nitritos alrededor de orificios de entrada del proyectil de arma de fuego en ropa. Los iones nitritos se hallan presentes en la ropa procedentes de la combustión de la pólvora al efectuar un disparo. Proceso en el que ha tenido lugar la reducción de los nitratos componentes de la pólvora a nitritos. La prueba de Walker lo que pretende es precisamente detectar esos nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) procedentes de la reducción de los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) que asientan alrededor de los orificios de disparo. Esta técnica tiene como fundamento una reacción de diazotación primero y un acoplamiento o enlace después y se obtiene en casos positivos un colorante azoico rojo o anaranjado según la calidad de la pólvora. El test de Walker es específico de la determinación de la presencia de nitritos e indicativo mediante la distribución espacial que se produce de la distancia de disparo.<sup>6</sup>

❖ **Materiales y equipos**

- Papel fotográfico
  - Gasas
  - Espátula
- Agitador magnético
- Vasos de precipitado
  - Guantes de nitrilo
  - Plancha casera
- Hojas de papel bond
  - Balanza analítica
- Parrilla con agitación

❖ **Reactivos**

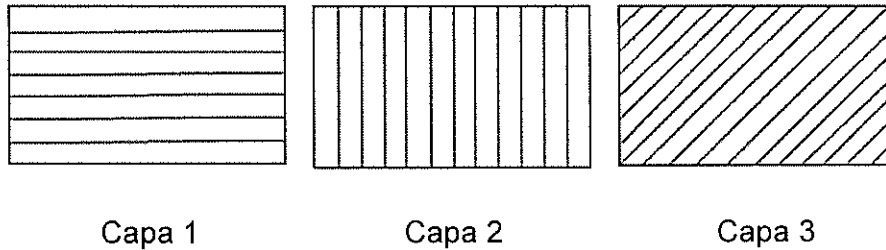
- Ácido sulfanilico al 1%
- Alfa- Naftol al 1%
  - Metanol
- Agua destilada
- Ácido acético al 25%

**Procedimiento:**

▪ **Preparación del papel fotográfico**

- a) Pesar 0.5g de ácido sulfanilico y agregar en 50 mL de agua destilada, llevar a temperatura de 70°C y agitación con ayuda de la parrilla y el agitador magnético, una vez disuelto dejar enfriar.
  - b) Pesar 0.5g de alfa-naftol y disolver en 50 mL de metanol.
  - c) Colocar hojas de papel bond sobre la superficie de la campana de extracción y sobre estas colocar el papel fotográfico cortado previamente en un tamaño A5 aproximadamente.
  - d) Humedecer un algodón con la solución de ácido sulfanilico y colocar una capa en dirección horizontal de la solución sobre cada uno de los papeles fotográficos.
  - e) Dejar secar en su totalidad y colocar una segunda capa en dirección vertical.
  - f) Dejar secar en su totalidad y colocar una tercera capa en dirección diagonal.
  - g) Una vez seca la tercera capa repetir los pasos de los incisos d, e y f con la solución de alfa-naftol.
-

Dirección de las capas



- **Método de empleo:**
  - a) Identificar los orificios ocasionados por arma de fuego a la prenda que se le realizara la prueba de Walker (medir y describir la posición en la que se ubican).
  - b) Marcar con ayuda de un lápiz un punto sobre el papel para Walker previamente preparado que coincida con el orificio de la prenda.
  - c) Colocar sobre la prenda sobre el papel asegurándonos que el punto marcado en el paso anterior y el orificio coincidan.
  - d) Humedecer una gasa con ácido acético al 25% y colocarla en medio de una hoja de papel bond doblada por la mitad y esta misma colocarla en la parte superior de la prenda en donde se encuentra el orificio y el papel fotográfico.
  - e) Colocar una hoja más de papel bond sobre la hoja doblada a la mitad que contiene la gasa.
  - f) Calentar la plancha y colocarla sobre las capas de hojas de papel, planchar sobre 3-5 min, sin deslizar la plancha, solo ejerciendo presión.
  - g) Retirar la plancha, las capas de papel, la prenda y visualizar el papel fotográfico.

## Resultados

### 9. Identificación de grupos sanguíneos: Sistema ABO y Rh (Hemaglutinación directa)

En la Laboratorio de Química Forense de la FGJ-CDMX se realiza esta prueba a muestras sanguíneas de occisos o ciudadanos que estén involucrados en un hecho delictivo.

El grupo de sangre se determina en base al antisuero con el que se presentó la aglutinación, cuando se observa la aglutinación con el antisuero A, B o ambos y también con el factor Rh se determina que la sangre como positiva (+), si solamente observamos la aglutinación en el factor Rh se determina el grupo sanguíneo como O<sup>+</sup>.

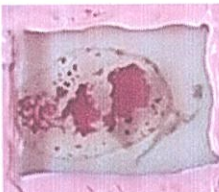
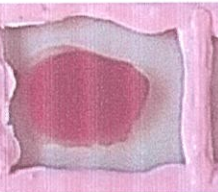
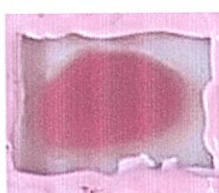
	Antisuero A	Antisuero B	Antisuero D (factor Rh)	Resultado Grupo Sanguíneo
Muestra 1				A <sup>+</sup>
Muestra 2				B <sup>+</sup>
Muestra 3				O <sup>+</sup>

Imagen 1. Identificación de grupos sanguíneos

## 10. Determinación de sangre humana por técnica de Inmunocromatografía en placa en indicios de hechos delictivos

Esta prueba se realiza a objetos procedentes de algún presunto hecho delictivo en los cuales se buscaba la presencia de sangre humana.

A continuación se muestran algunas pruebas realizadas:



Imagen 2. Kit de Rastreo Hemático

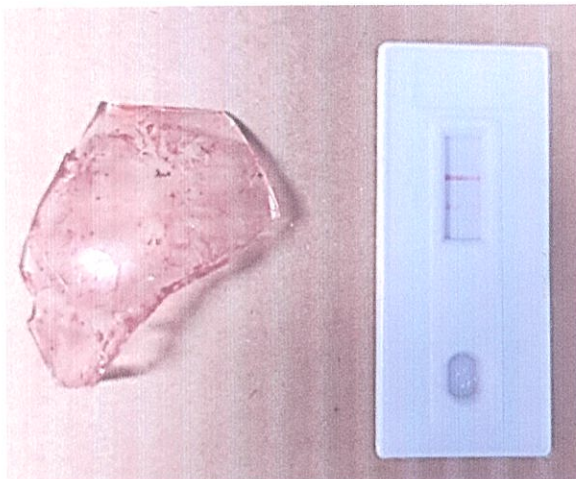


Imagen 3. Pedazo de vidrio maculado

La placa de rastreo hemático de la imagen # nos puede demostrar un resultado positivo a sangre humana al observar la presencia de dos líneas coloreadas (Testigo y Control).

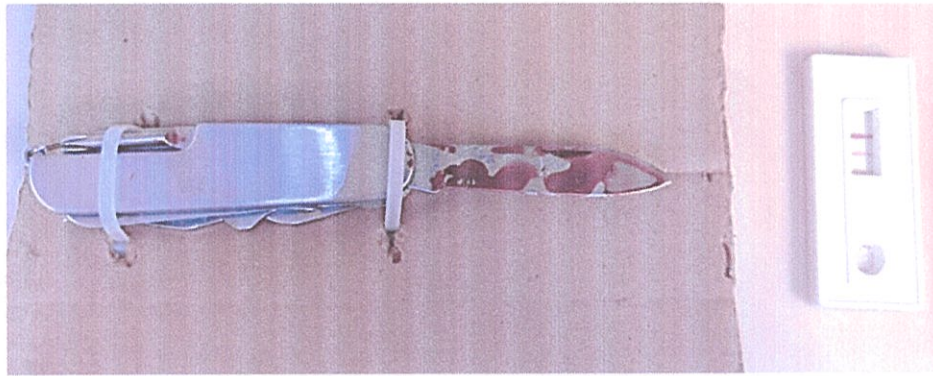


Imagen 4. Navaja maculada

La placa de rastreo hemático de la imagen # nos puede demostrar un resultado positivo a sangre humana al observar la presencia de dos líneas coloreadas (Testigo y Control).

### **11. Prueba de Fenolftaleína o test de Kastle-Meyer en indicios de hechos delictivos**

Esta prueba se realiza en el laboratorio a ropa de occisos o algún objeto en las cuales no se apreciaba con claridad si se encontraba con presencia de sangre.

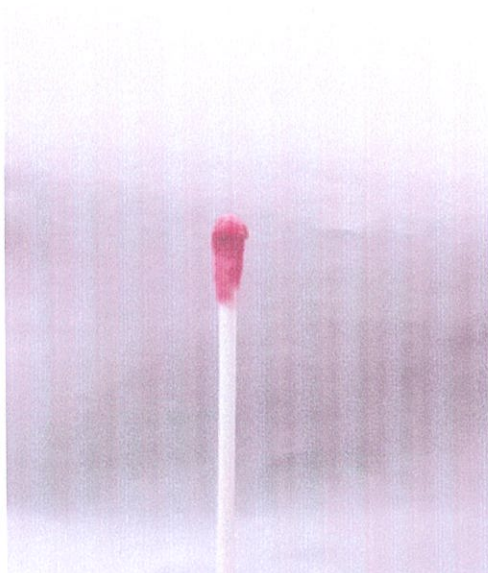


Imagen 5. Prueba Kastle-Meyer

En la imagen 5 podemos observar un resultado positivo a la prueba debido al color rosa.

El hiposo fue impregnado con muestra de una prenda seca.

## 12. Identificación de alcohol y sustancias volátiles por cromatografía de gases en muestras sanguíneas u orina

Este método se utiliza en el laboratorio de química forense en muestras sanguíneas u orina de ciudadanos/as o de occisos para la identificación de alcohol y así poder demostrar evidencia que ayude a esclarecer el hecho delictivo.

A continuación se muestran los cromatogramas resultantes de una corrida de muestras.

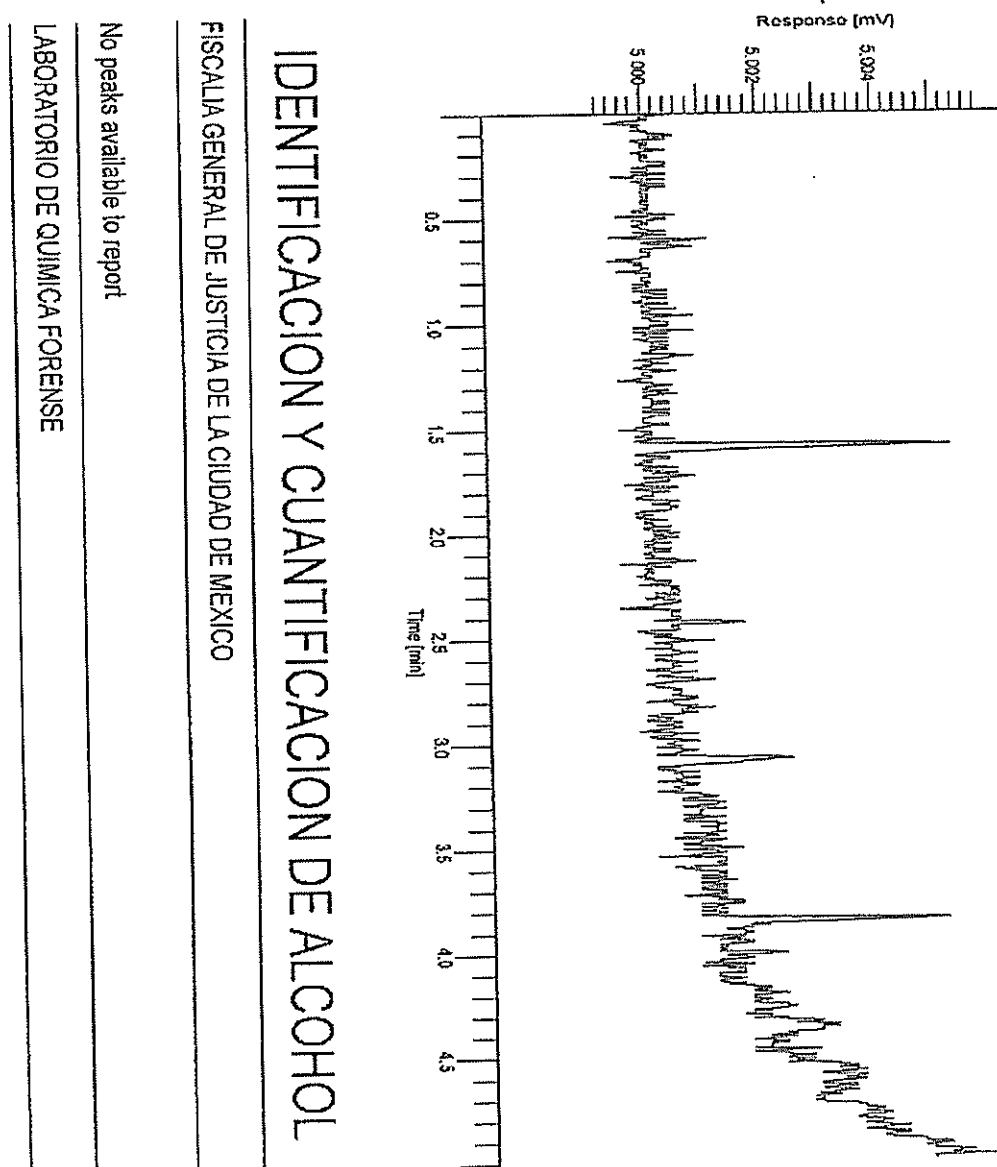
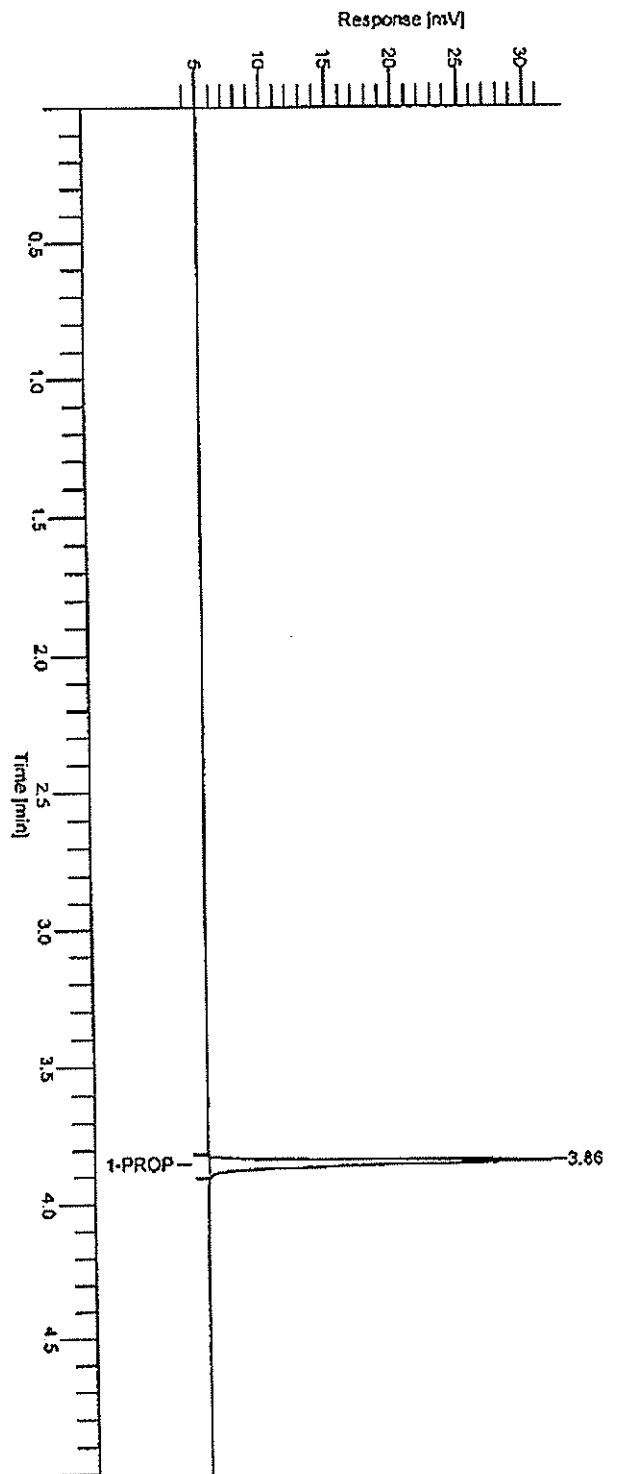


Imagen 6. Cromatograma del Blanco





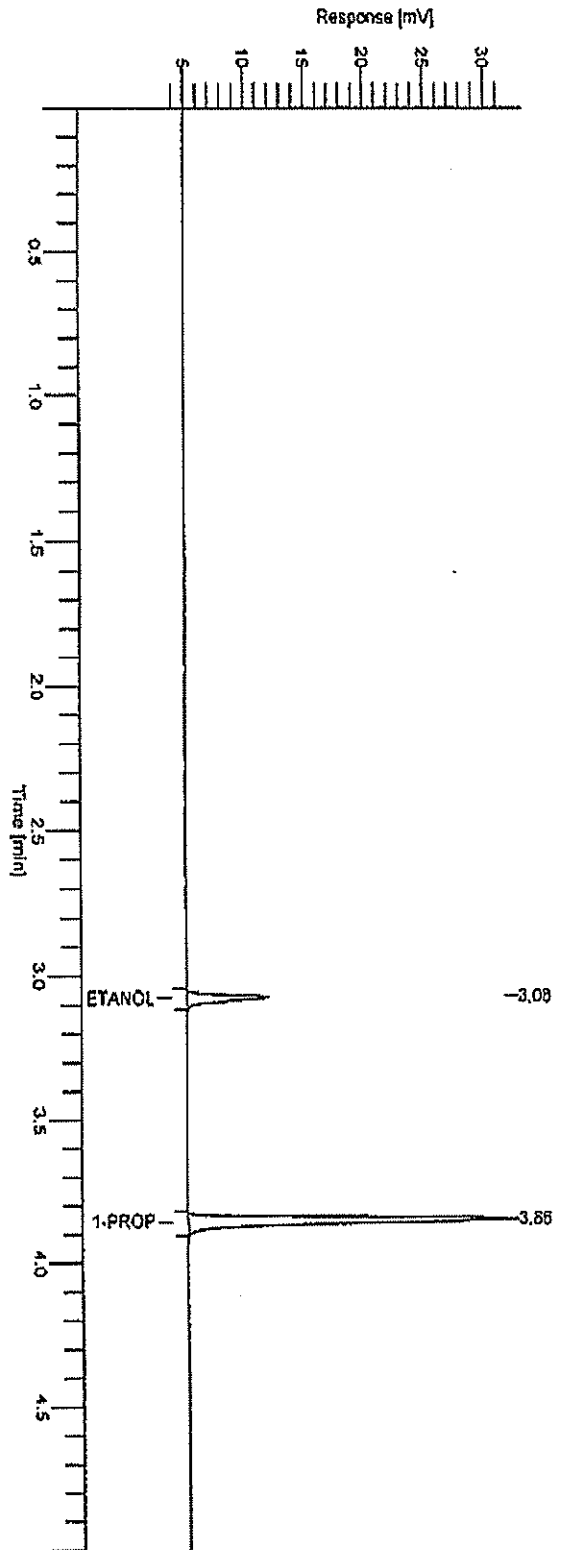
# IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE ALCOHOL

FISCALIA GENERAL DE JUSTICIA DE LA CIUDAD DE MEXICO

Component Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Concentration mg/dL
1-PROPANOL	3.856	38602.86	0.0000
		38602.86	0.0000

LABORATORIO DE QUIMICA FORENSE

Imagen 7. Cromatograma de resultado negativo



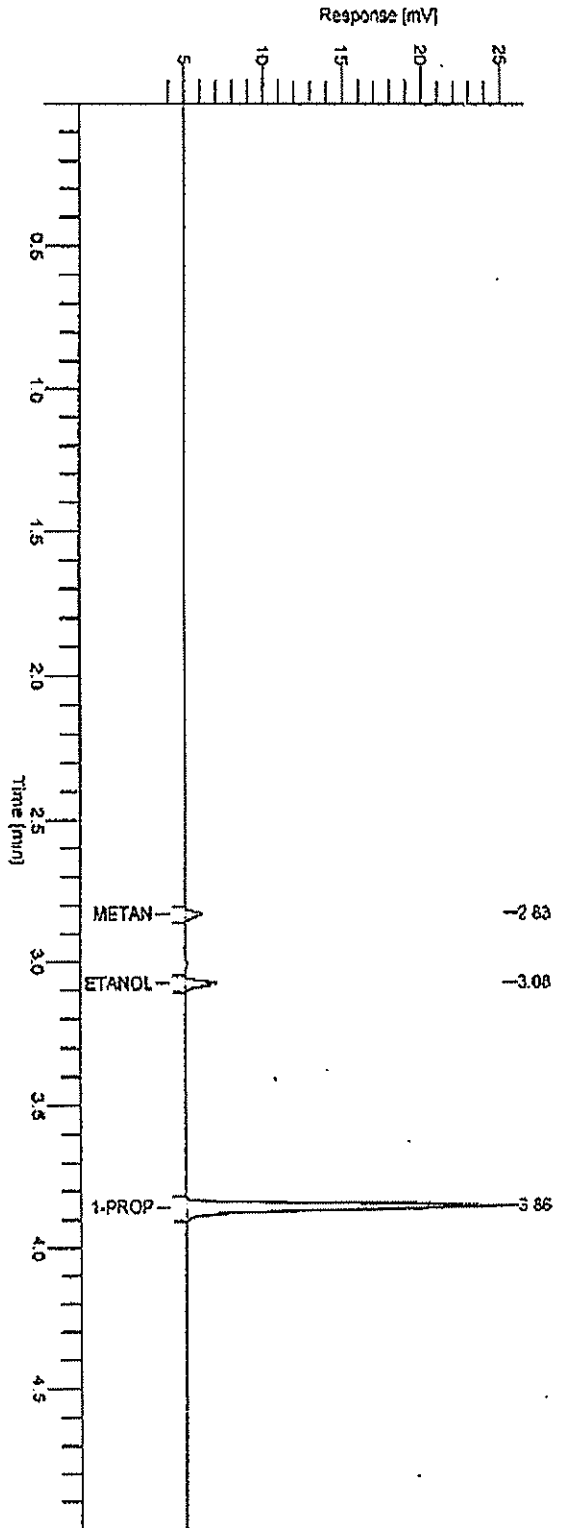
# IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE ALCOHOL

FISCALIA GENERAL DE JUSTICIA DE LA CIUDAD DE MEXICO

Component Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Concentracion mg/dL
ETANOL	3.079	9305.50	134.7387
1-PROPANOL	3.856	39275.15	-----
		48580.65	134.7387

LABORATORIO DE QUIMICA FORENSE

Imagen 8. Cromatograma positivo a alcohol.



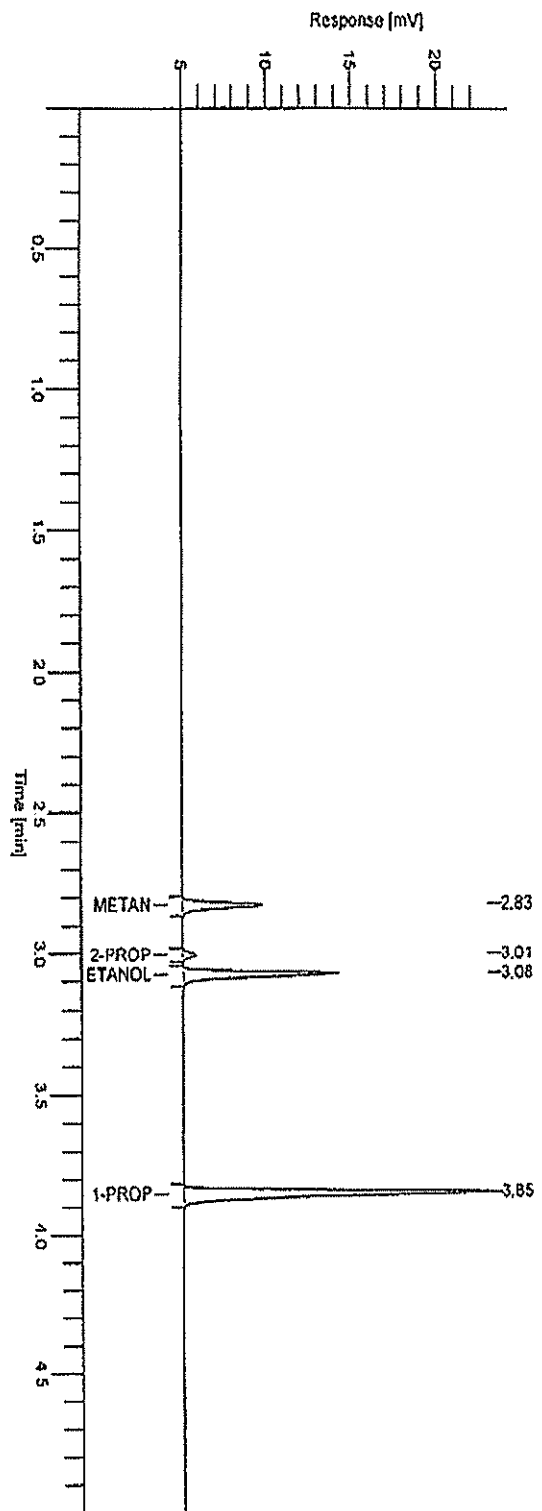
# IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE ALCOHOL

FISCALIA GENERAL DE JUSTICIA DE LA CIUDAD DE MEXICO

Component Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Concentracion mg/dL
METANOL	2.831	1391.72	53.1365
ETANOL	3.080	2684.48	51.5860
1-PROPANOL	3.856	29894.52	-----
	33970.71		104.7225

LABORATORIO DE QUIMICA FORENSE

Imagen 9. Cromatograma de Control de Verificación Bajo



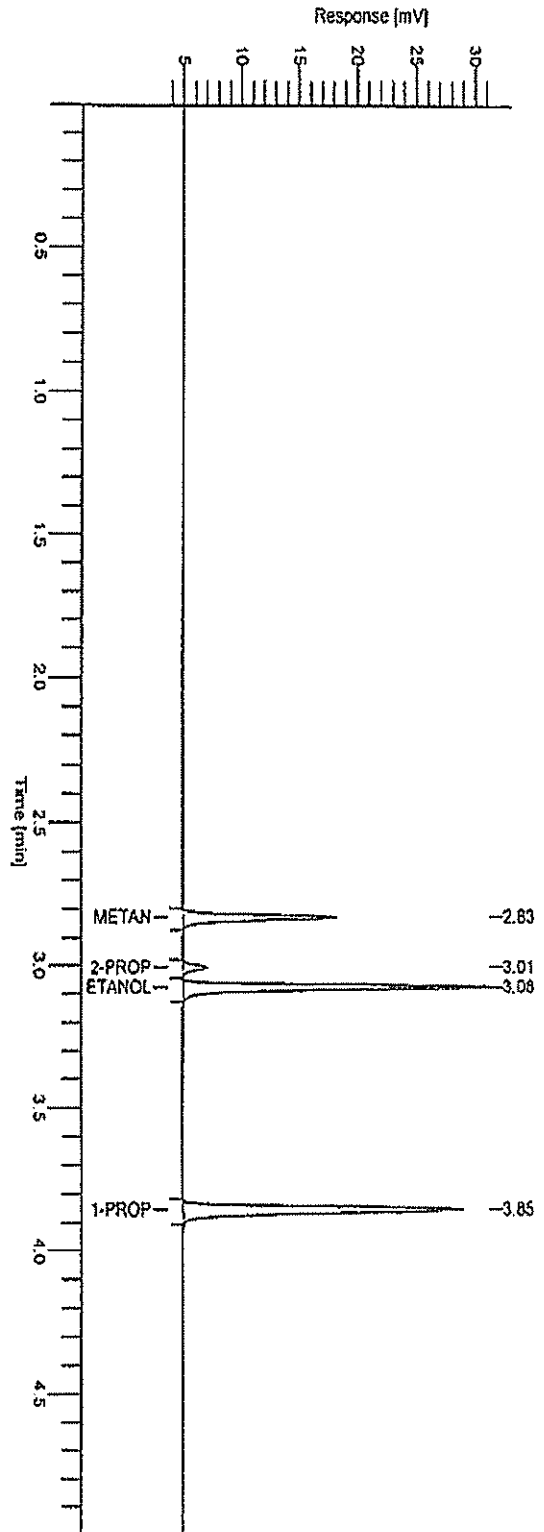
# IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE ALCOHOL

FISCALIA GENERAL DE JUSTICIA DE LA CIUDAD DE MEXICO

Component Name	Time [min]	Area [ $\mu\text{V}\cdot\text{sec}$ ]	Concentration mg/dL
METANOL	2.828	6553.58	270.2501
2-PROPANOL	3.007	1025.28	11.1998
ETANOL	3.077	12560.36	264.0100
1-PROPANOL	3.854	26972.83	545.4600

LABORATORIO DE QUIMICA FORENSE

Imagen 10. Cromatograma de Control de Verificación Medio



# IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE ALCOHOL

FISCALIA GENERAL DE JUSTICIA DE LA CIUDAD DE MEXICO

Component Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Concentration mg/dL
METANOL	2.828	18279.82	558.9181
2-PROPANOL	3.009	2878.63	22.7510
ETANOL	3.078	34983.38	546.0779
1-PROPANOL	3.855	36261.00	-----
	92402.83		1127.7470

LABORATORIO DE QUIMICA FORENSE

Imagen 11. Cromatograma de Control de Verificación Alto

En la imagen # se muestra el cromatograma del blanco, este no debe presentar ninguna señal, si llega a presentar alguna señal se debe de revisar las condiciones del equipo (temperatura, gas, etc.)

Para determinar la concentración y la verificación de los controles (imagen 9, 10,11) se debe de realizar el análisis a los tres niveles y el parámetro a evaluar es el porcentaje de error (% Error) el cual no debe de exceder del 5% en cada nivel.

Fórmula para calcular:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Conc. obtenida} - \text{Conc. esperada}}{\text{Conc. esperada}} \times 100$$

Donde:

Conc. Obtenida= Resultado de control en mg/dL.

Conc. Esperada= Concentración teórica calculada de la preparación del control en mg/dL.

En la imagen # se puede observar cromatograma con el resultado del análisis del nivel bajo, el cual tomaremos como ejemplo para calcular el % Error.

Donde:

Conc. Obtenida= 51.58 mg/dL.

Conc. Esperada= 50 mg/dL.

$$\% \text{ Error} = \frac{51.58 \text{ mg/dL} - 50 \text{ mg/dL}}{50 \text{ mg/dL}} \times 100 = 3.16\%$$

Si algún nivel no cumple se debe de realizar un segundo análisis, si nuevamente no cumple con el criterio, se deben de preparar de nuevo los controles de verificación.

En la imagen 8 podemos observar el resultado (134.73 mg/ dL de etanol en sangre) de una muestra problema la cual fue positiva de acuerdo a la concentración que es mayor a 4 mg/dL, se puede decir que el individuo/a ya actuaba bajo los efectos del alcohol.

En la imagen 7 se puede observar el resultado negativo de una muestra, la cual no da ninguna señal en el cromatograma.

Una vez terminado el análisis en el cromatógrafo, se revisan los resultados, los positivos a etanol se imprimen su cromatogramas y los negativos solo se registran o informan para posteriormente entregar los resultados al perito responsable de las muestras para que se realice su dictamen correspondiente.

### 13. Identificación de drogas y sustancias de interés forense por medio de espectroscopia Infrarrojo

En el laboratorio de química forense se realiza este análisis a los estupefacientes o psicotrópicos procedentes de decomisos por narcomenudeo.

A continuación se muestran 3 espectros infrarrojo de las sustancias más úsales que llegaban al laboratorio.

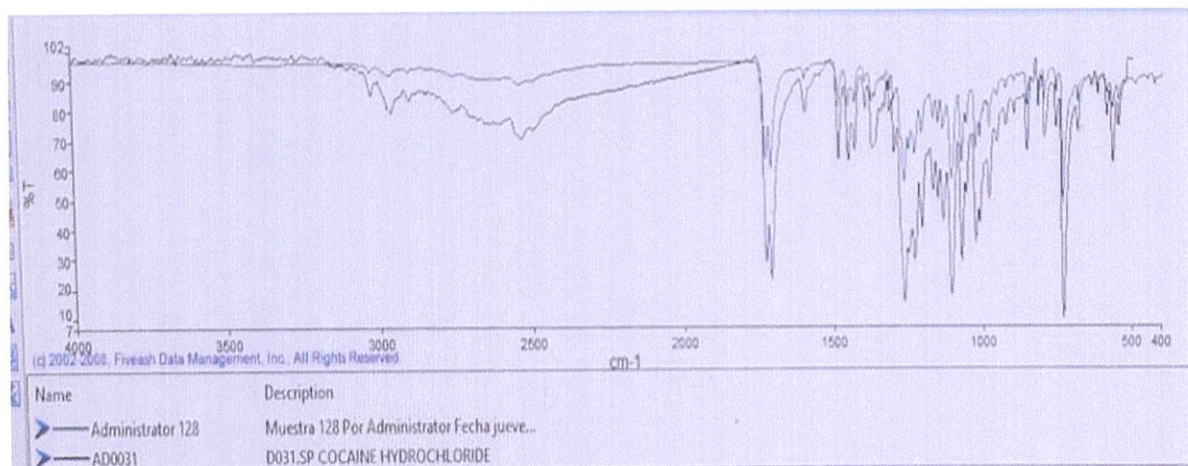


Imagen 12. Espectro correspondiente a Clorhidrato de Cocaína.

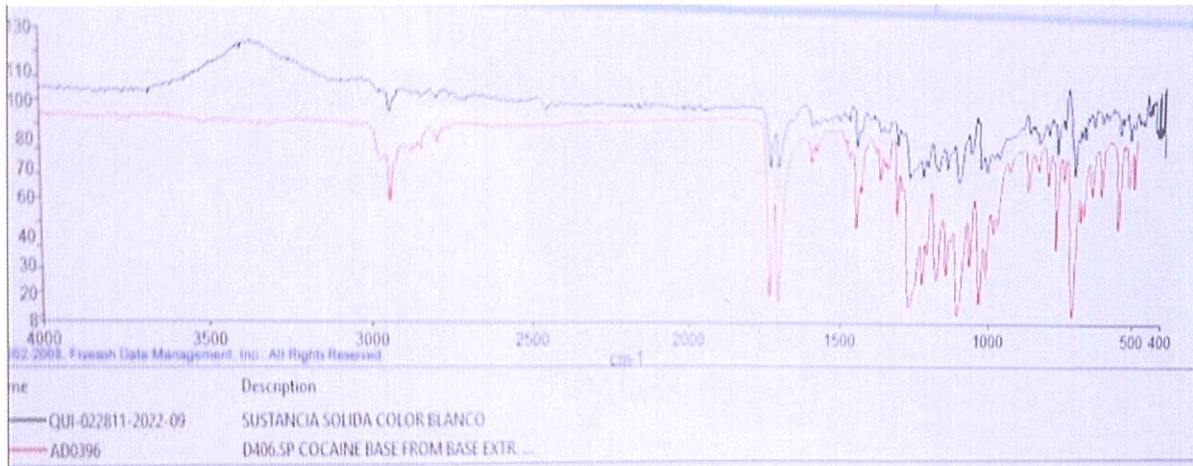


Imagen 13. Espectro correspondiente a Cocaína base.

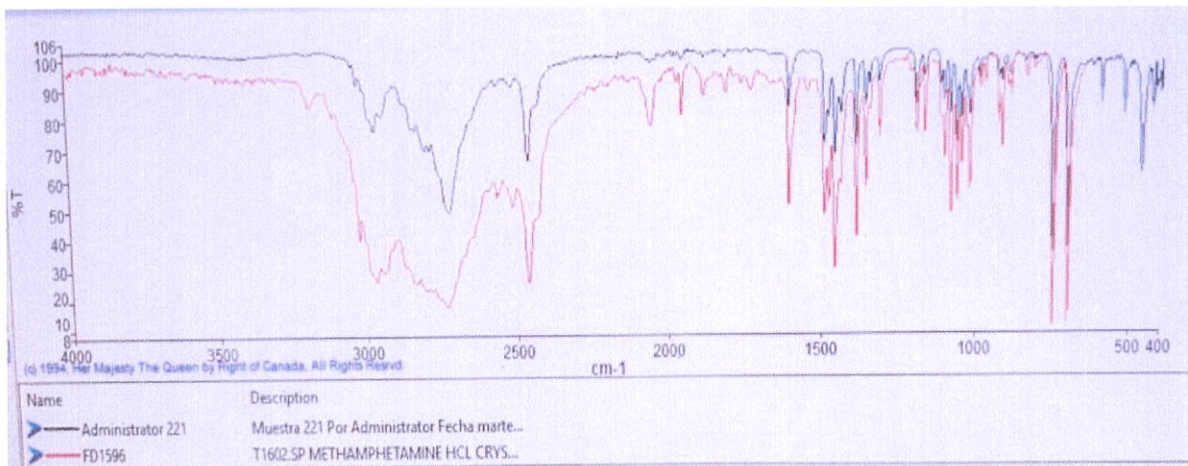


Imagen 14. Espectro correspondiente a Metanfetamina.



#### 14. Identificación de drogas y muestras de interés forense por Colorimetría.

- **Prueba de Duquenois-Levine Modificada: Identificación de cannabidiolos (CBD), Cannabinos (CBN) y tetrahidrocannabinidiol (THC)**

El reactivo Duquenois-Levine y el ácido clorhídrico nos permite extraer los CBD, CBN y THC que posee la planta del cannabis; el cloroformo, permite que se realice una extracción en la fase orgánica, colocando esta al fondo del tubo de ensayo y mostrando más claramente la coloración violeta. La intensidad de la coloración depende del contenido de CBD, CBN y THC del vegetal.

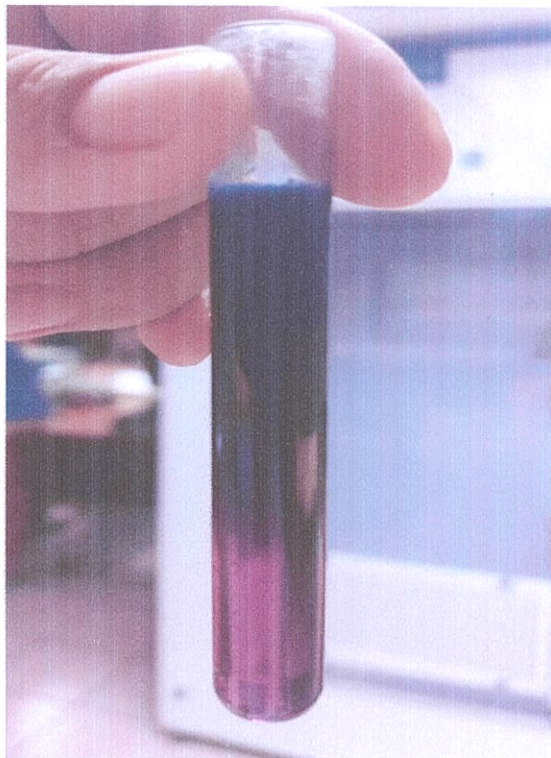


Imagen 15.  
Prueba Duquenois-  
Levine Modificada  
positiva

En la imagen 15 la capa superior del tubo de ensayo posee los residuos del vegetal y en la capa inferior se obtiene la coloración violeta.

- **Prueba de Scott: Identificación de cocaína (alcaloides)**

La muestra se divide en dos fases, la capa inferior es de color azul, mientras que la superior se torna de color rosa.

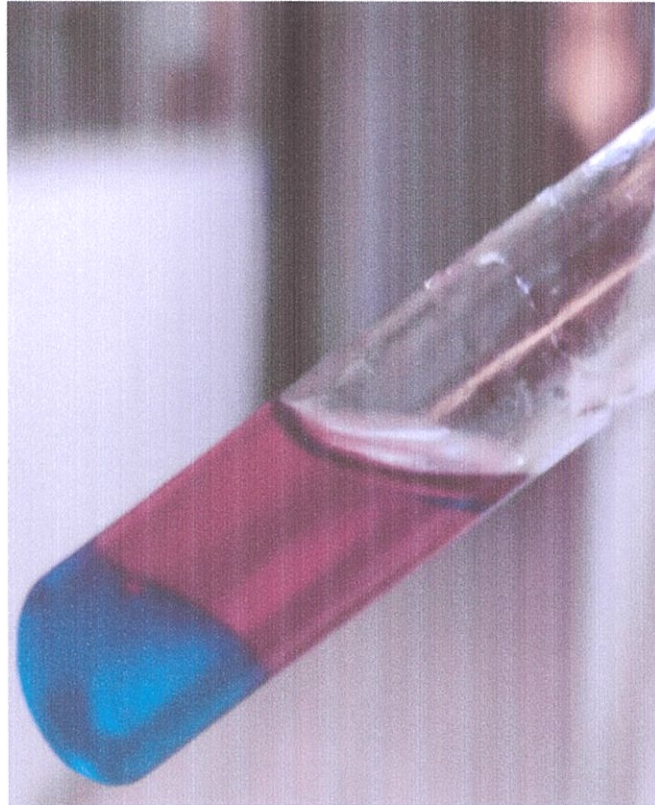


Imagen 16.  
Prueba de  
Scott positiva

La cocaína y sustancias conexas producen un precipitado y una solución de color azul intenso en la fase orgánica, siendo esta la capa inferior, donde se separa el cloroformo.

- **Prueba de Marquis: identificación de alcaloides, opiáceos y anfetaminas**

La prueba de Marquis es útil para una gran variedad de estimulantes del tipo de las anfetaminas y sus análogos con anillos sustituidos.

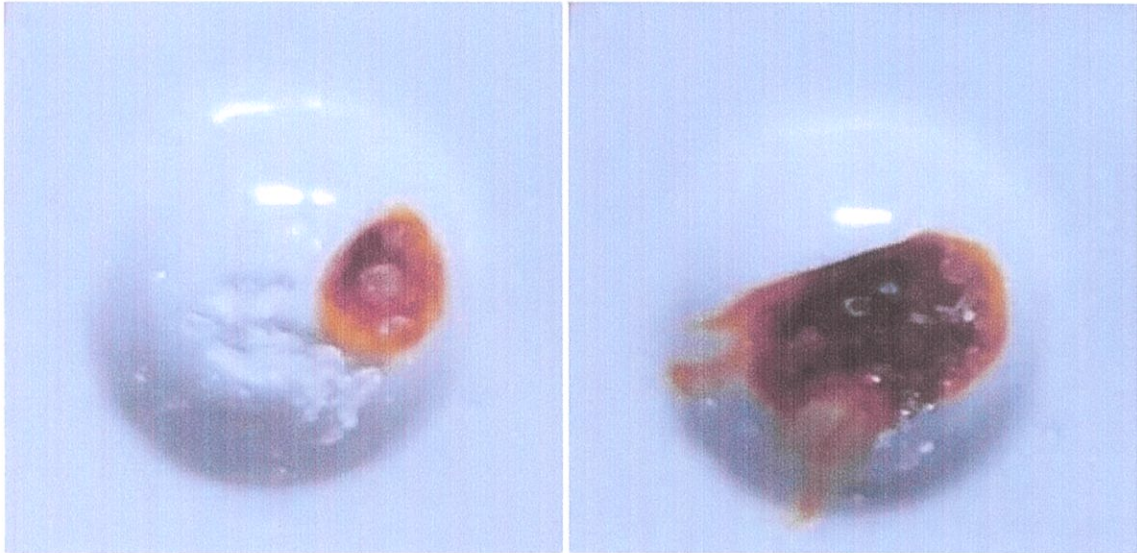


Imagen 17. Prueba de Marquis positiva a Metanfetamina

En caso de metanfetamina el color a visualizar es naranja que se torna a café (imagen 17).

### **15. Prueba de determinación para la identificación de residuos por disparo (Prueba de Rodizonato de Sodio).**

Imagen 18.  
Adición de  
Buffer de  
Tartratos a  
telillas

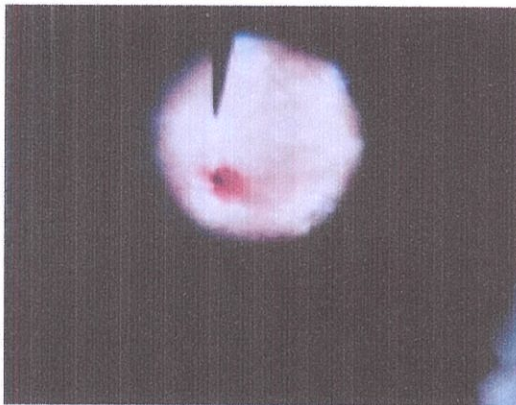




Imagen 19. Adición de solución de Rodizonato de Sodio a las telillas.

Se realiza observación mediante microscopio estereoscópico, en donde se identificarán según sea el caso la formación de puntos coloridos. Si la formación de puntos es de color rosa escarlata será resultado positivo para la presencia de Plomo y si es de color rojo marrón será positivo para la presencia de Bario. Pueden estar presentes ambos colores indicando la presencia de ambos metales.

Plomo



Bario

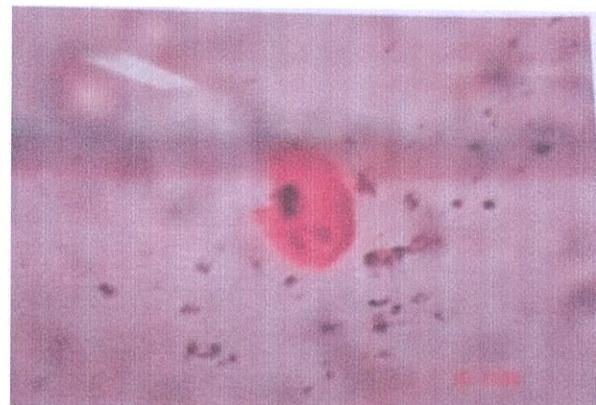


Imagen 19. Puntos característicos de resultado positivo de plomo y bario

## **16. Prueba de determinación para la identificación de residuos por disparo (Prueba de Walker)**

En el papel para Walker se marcarán puntos de color naranja alrededor de la marca inicial trazada para ubicar y hacer coincidir con el orificio de la prenda.

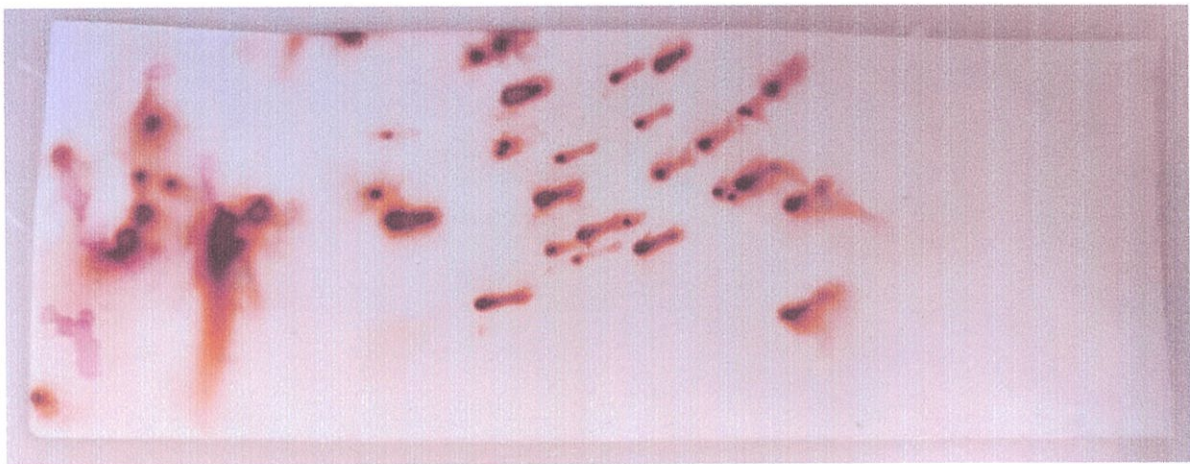


Imagen 20. Prueba de Walker Positiva

Los puntos en coloración naranja que aparecen en el papel de la imagen 20 nos indican que se realizó un disparo a menos de 1 m de distancia de la prenda, dejando rastros de pólvora que reaccionan con el papel para Walker.

Cabe resaltar que todos los resultados obtenidos en las técnicas antes mencionadas se le entregaban al perito responsable del indicio para la elaboración de dictámenes e informes correspondientes, y así poder brindar información verídica para ayudar al esclarecimiento del caso.

## **Conclusiones**

Estando en el laboratorio de Química Forense de la Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México se pudo comprender la vital importancia que conlleva esta ciencia, debido a que nos ofrece en el campo de la investigación criminal la oportunidad de descifrar en la mayoría de los casos las evidencias encontradas en el lugar de los hechos y de esta forma contribuir a la búsqueda de la verdad a través del uso de técnicas sofisticadas, métodos más expeditos y procedimientos rigurosos en los cuales la Química Forense ocupa un lugar importante en la comprobación de los hechos, causas, situaciones para el esclarecimiento de los hechos.

Por otro lado, podemos confirmar que se cumplieron cada uno de los objetivos planteados al inicio del proyecto, se logró realizar la mayor cantidad de técnicas instrumentales posibles en el laboratorio para el análisis de los indicios provenientes de hechos delictivos. Conllevando esto, a una identificación y aun análisis exhaustivo de las sustancias que el Ministerio público pone a disposición del Laboratorio de Química forense. De esta manera se pudo comprender desde una perspectiva multidisciplinaria el enfoque y la importancia que conlleva la Química como ciencia en el ámbito forense.

## Bibliografía:

1. Sosa Reyes, Ana M. (2017). *Del laboratorio al juzgado. Enseñanza de las ciencias para el ejercicio forense*. Licenciatura en ciencia forense, Facultad de Medicina, UNAM.
2. García Ruiz, Carmen. (2020). *Introducción a la Química Forense*, Barcelona, Bosch Editor.
3. Arbeláez García, Carlos A. (2009). *Sistema de Grupo Sanguíneo ABO. Medicina & Laboratorio: Programa de Educación Médica Continúa Certificada*. Universidad Antioquia, Edimeco.
4. Acosta de Hetter, María E. Desarrollo y Evaluación de una Prueba Inmunocromatografica para el Diagnostico de la Infección con *Trypanosoma cruzi*. Universidad Nacional de Asunción. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud.
5. Cortes Cervantes, Jesús I. (2013). Aplicación de la Espectrofotometría de Absorción Atómica en el Laboratorio de Química Forense. UNAM.
6. Rivera Rodríguez, Suyapa I. (2006). Elaboración de Referencias de Rangos de Distancia de Disparo. Universidad de el Salvador. Facultad de Química y Farmacia.
7. Vera Acolt, Erica M. (2014). Implementación de los Métodos de Luminol y  $\alpha$ -Toluidina para Detección de Sangre y Comparación de su Utilidad. Universidad Veracruzana. Instituto de Medicina Forense.
8. Abelló Linde, S.A. Cromatografía de Gases. Barcelona.
9. Gutiérrez, M.C., Droguet, M. (2002). La Cromatografía de Gases y la Espectrometría de Masas: Identificación de Compuestos Causantes de Mal Olor. Boletín Intexter (U.P.C.).
10. Pérez Alfonso, Clara M. (2017). Determinación de Cocaína por Espectrometría Vibracional. Programa de Doctorado en Química. Universidad de Valencia.
11. Aparicio Canela, Erick G. (2017). Técnicas Colorimétricas. Visión Criminológica-Criminalística. Colegio Libre de Estudios Universitarios.