

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



DESARROLLO DE UNA TÉCNICA ALTERNATIVA PARA LA IDENTIFICACIÓN  
DE MEFEDRONA IN SITU

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE CURSO DE  
ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR:

FÁTIMA DE LOS ÁNGELES BARRERA FLORES

JOSÉ MANUEL HUEZO HÉRCULES

PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO (A) EN QUIMICA Y FARMACIA

MARZO 2023

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. REINA MARIBEL GALDAMEZ

SECRETARIA

LICDA. EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN DE PROCESOS DE GRADO

M.Sc. ENA EDITH HERRERA SALAZAR

TRIBUNAL EVALUADOR

LICDA. LORENA MARGARITA RAMÍREZ MERCADO

PhD. GUADALUPE DEL CARMEN ABREGO ESCOBAR

TUTORA

M.Sc. NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecidos primeramente con Dios por habernos dado la sabiduría, la capacidad y la fortaleza para lograr salir adelante con este trabajo de investigación en el cual no solo están presente Fátima Barrera y José Huevo, sino que está presente toda nuestra familia que día a día nos brindaron su apoyo desde el primer día de universidad en la Facultad de Química y Farmacia, hasta este día en el culminamos una investigación de meses de trabajo, esfuerzo, adversidades, pero sobre todo de conocimiento, el cual no tiene precio. A la misma vez el agradecimiento infinito a nuestras tutoras Nancy Zuleyma González y Lorena Margarita Ramírez Mercado, quienes han estado con nosotros desde no solo el inicio de la presente investigación, sino de todo el curso que día a día es un conocimiento nuevo adquirido, conocimientos los cuales sin ellas fuesen imposibles plasmar en este trabajo de investigación.

## **DEDICATORIAS**

A todas aquellas personas que han sido parte de mi camino académico y personal.

A mis padres, por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día en mi vida universitaria, hasta el día de hoy. Por sus sacrificios y su apoyo constante que han sido la clave de mi éxito para culminar mi carrera en Química y Farmacia.

A mi compañera Fátima Barrera con la cual la realización de este trabajo de investigación hubiese sido imposible sin su determinación, paciencia y sobre todo su compañerismo como futuros colegas en el mundo profesional.

A mi querida Alma Mater y a todas las personas que la conforman les agradezco de todo corazón la guía que han sido para mí en esta larga trayectoria. No podría haber llegado hasta aquí sin su apoyo.

¡Gracias!

## DEDICATORIA

Primeramente, darle infinitas gracias a Dios, a mi madre María Santísima y a San José por haberme dado la sabiduría a lo largo de todo este camino.

A mi papá, Juan Ramón Barrera Vega, que sé que desde donde él está se encuentra feliz porque logré terminar mi carrera ya que era su sueño, gracias mi viejito por siempre creer en mí y apoyarme a lo largo de toda mi vida.

A mi mamá, María Magdalena Flores viuda de Barrera, que no solo es mi mamá sino también es mi mejor amiga, la que siempre ha estado conmigo en mis momentos más difíciles y al igual que mi papá me ha ayudado y apoyado, gracias a ti escogí esta carrera y aunque al inicio no estaba del todo convencida sé que es una de las mejores decisiones que pude tomar. No me alcanzará la vida para agradecerte todo lo que siempre has hecho por mí. Te amo con toda mi alma y te dedico este título.

A mi hermano, Edwin Eduardo Barrera Flores, quien al igual que mis padres siempre ha sido mi apoyo en este proceso y ahora es mi segundo papá.

A mi compañero en este proceso José Manuel Huevo, gracias por tenerme paciencia cuando no entendía algo y por darme ánimos cuando me rendía y sentía que no entendía algo de la investigación.

A todos mis amigos, pero de manera especial a Williams, Harlem, Karina, Isaac, Wendy, Katy, Nancy, Nery y Verito, que de una u otra manera estuvieron presentes en todo este proceso, gracias a ustedes la universidad fue lo máximo, gracias por explicarme cuando no entendía cosas de ciertas materias y por ser como mi segunda familia, los quiero muchísimo.

## INDICE GENERAL

Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xi
Capítulo II	
2.0 Objetivos	
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos Específicos	
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	16
3.1 Listado actualizado de drogas emergentes	17
3.2 Formas de comercialización de drogas emergentes	17
3.3 Mefedrona y sus características	18
3.4 Farmacología y efectos adversos causados por la mefedrona	20
3.5 Pruebas cuantitativas para la confirmación de mefedrona	21
3.5.1 Cromatografía en fase gaseosa espectrometría de masas	22
3.5.2 Cromatografía en fase líquida de alto rendimiento	22
3.5.3 Cromatografía en fase líquida-espectrometría de masas	22
3.5.4 Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier	23
3.5.5 Espectroscopia por resonancia magnética nuclear	23
3.6 Pruebas cualitativas para la identificación de mefedrona	23
3.6.1 Pruebas microcristalinas	23
3.6.2 Cromatografía en capa delgada	24
3.7 Ensayos cualitativos de color	24
3.7.1 Fundamento químico del ensayo de Zimmermann	24
Capítulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	29
4.1 Tipo de estudio	29
4.2 Desarrollo	29

Capítulo V	
Propuesta De Práctica De Laboratorio	32
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	49
Capítulo VII	
7.0 Recomendaciones	51
Bibliografía	
Anexos	



## RESUMEN

La mefedrona es una droga de tipo sintético, de la cual se tiene información relacionada a los efectos toxicológicos que causa luego de su consumo; es comercializada normalmente por internet como fertilizante de plantas o como sales de baño; y sus efectos al ser empleada como droga de abuso son similares a los producidos por el éxtasis.

El presente trabajo se basa en una revisión bibliográfica, que abarcó libros, tesis, revistas, páginas webs y todos aquellos medios que brindan información acerca de la droga emergente y sus actuales métodos de análisis como son, métodos cualitativos entre los que podemos encontrar pruebas microcristalinas, cromatografía en capa delgada y ensayos cualitativos de color y métodos cuantitativos como cromatografía en fase gaseosa espectrometría de masas.....

Teniendo en consideración lo antes expuesto, en este trabajo se estimó a bien, proponer una modificación a la prueba colorimétrica con el reactivo de Zimmermann para la identificación de la mefedrona, con el fin a la reducción en el tiempo de realización y mayor facilidad para la realización del análisis ya que, se pretende que la prueba pudiese ser realizada tanto en un laboratorio, así como in situ y obtener los mismos resultados confiables en comparación a la prueba de Zimmermann original.

Con la nueva metodología propuesta se busca que en un futuro los estudiantes que cursan la asignatura de Química Forense y Toxicología de la Facultad de Química y Farmacia puedan realizar esta práctica desde un lugar externo al laboratorio. Esta propuesta incluso pudiese ser implementada por personal de laboratorio de la Policía Nacional Civil, en específico el área de antinarcóticos, si es que todavía la utilizan cuando se incauten materiales sospechosos de ser drogas poco conocidas por la población.

Una de las ventajas que se tiene con esta propuesta de modificación es que se puede realizar una gran cantidad de pruebas utilizando poca cantidad de reactivos, también se logra obtener una coloración específica para cada tipo de familia de drogas emergentes que facilita análisis posteriores que ya conlleven la utilización de equipos especializados.

Como resultado de la investigación se plantea una propuesta que facilita la manipulación de los reactivos y en consecuencia el análisis in situ.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayoría de las personas conocen o han escuchado acerca de las drogas de abuso, entre ellas cocaína, marihuana, dietilamida de ácido lisérgico (LSD por sus siglas en inglés) y otras; pero también existe otro tipo de sustancias de abuso menos conocidas o también llamadas “legal highs”, debido a que son nuevas sustancias desarrolladas hace poco tiempo, por lo que su metodología analítica para identificación no se encuentra muy detallada; una de las drogas, de las cuales se tiene mayor información sobre sus análisis químicos y efectos toxicológicos que causan en las personas debido a su consumo, entre otros aspectos, es la mefedrona, droga consumida como sustituto del éxtasis por su menor costo y facilidad de obtención.

La mefedrona es una droga de tipo sintético, también conocida como mefe, miau-miau, mcat o drona, que al ser consumida puede causar efectos similares a los producidos por las anfetaminas y el éxtasis, como lo son la euforia e incremento del estado de alerta. Sus efectos toxicológicos tienen una duración aproximada de 2 a 3 horas. Según nuevos estudios realizados en Reino Unido, esta droga puede llegar a ser más dañina y adictiva que drogas como la cocaína. En cuanto a sus características físicas, la mefedrona se presenta en forma de tabletas o polvo blanco, que la persona puede inhalar, tragar, inyectar o incluso llegar a introducir por vía rectal.

En el presente trabajo de investigación se propone la modificación del ensayo cualitativo de Zimmermann, que sirve para la identificación de mefedrona por medio de técnica colorimétrica, la modificación propuesta para este ensayo se basa en la realización de la prueba in situ, para que pueda ser utilizada en lugares como discotecas, aeropuertos, fiestas, entre otros

Se ha seleccionado la mefedrona como droga de estudio debido a que es una droga relativamente poco conocida por la mayoría de las personas, se han realizado estudios en países europeos por medio de los cuales podemos conocer

los efectos toxicológicos que puede causar al ser consumida por la población, además de que es una droga de fácil adquisición en páginas de internet ya que incluso pueden ser vendidas clandestinamente haciéndola pasar como una sal de baño.

La propuesta de la modificación de la prueba se basa en utilizar reactivos cuya función dentro de la reacción química sea equivalente a la de los que se utilizan en la prueba original, sustituirlos por preparaciones que se comercializan ya listas para su uso, tal como es el caso de 1,3-dinitrobeneno distribuido internacionalmente por la empresa Fischer y también utilizar soluciones que son comercializadas en supermercados como lo son las soluciones de soda caustica que contiene el hidróxido de potasio que es el otro reactivo que se utiliza para la determinación cualitativa.

Una ventaja de la propuesta planteada es que conlleva una reducción en los costos económicos, ya que solamente se utilizan dos gotas de cada solución, por lo que con las cantidades preparadas se pueden realizar un buen número de pruebas, aparte al ya tener listas estas soluciones se pueden colocar en frascos goteros debidamente rotulados y cargarlos en kits de campo para realizar los correspondientes análisis en el lugar de los hechos.

## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### 2.1 Objetivo General

Desarrollar una técnica alternativa para la identificación de mefedrona in situ

### 2.2 Objetivos Específicos

2.2.1. Consultar fuentes bibliográficas tanto físicas como digitales que contengan información referente a la mefedrona y que sirvan de guía en el desarrollo de una técnica alternativa para la identificación de mefedrona in situ.

2.2.2. Seleccionar la información más acertada y completa mediante el análisis y lectura del material bibliográfico recopilado en diversos medios acerca de la mefedrona.

2.2.3. Diseñar la propuesta de la modificación del ensayo de Zimmermann para que pueda ser aplicado en una práctica de laboratorio por los estudiantes de la asignatura de Química Forense y Toxicología en pruebas de campo para la detección de sustancias sospechosas de ser mefedrona

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**



### 3.0 MARCO TEORICO

Existe una gran cantidad de sustancias conocidas como drogas de abuso, tales como marihuana, cocaína, éxtasis, entre otras; sin embargo, las organizaciones delictivas orientan sus actividades a la elaboración, en laboratorios clandestinos, de nuevas sustancias de las cuales se tiene poca o nula información respecto a la toxicidad causada por éstas. Se les llama drogas emergentes, a un grupo de sustancias recientemente conocidas que son utilizadas por jóvenes para fines de diversión. Estas sustancias en la mayoría de los casos son derivados sintéticos de sustancias de origen natural o de otras sustancias sintéticas, pero ya mayormente conocidas.

Estas sustancias tienen un amplio mercado de distribución a través de internet, lo que hace que la distribución de éstas sea de manera sencilla y rápida. Estos productos son conocidos como legal highs y son distribuidos con mayor frecuencia en países de Europa, aunque poco a poco se están distribuyendo también en Latinoamérica. De estos nuevos productos que son distribuidos en internet, en la mayoría de los casos no se declara totalmente la composición de estos y también que la composición real no coincide con lo que se especifica en las etiquetas. Aparte de esto en las etiquetas no se menciona los posibles efectos que pudieran llegar a causar si son consumidos por seres humanos.

Debido a que la mayoría de estas sustancias son elaboradas clandestinamente en laboratorios y se hacen con fines experimentales es muy poca la información referente a las propiedades toxicológicas, lo poco que se conoce de los efectos que pueden llegar a causar es la información recolectada de personas que han confesado haberlas consumido también lo que han dicho médicos y enfermeras respecto a los síntomas de estos pacientes.

### 3.1 Listado actualizado de drogas emergentes

En la actualidad, a pesar de ser poca la información que se tiene respecto a este tipo de drogas se conoce que hay 7 familias químicas, 5 de ellas de origen sintético y 2 de origen natural. Cada una de estas familias se subdividen en clases de sustancias las cuales abarcan desde 2 hasta más drogas emergentes. Las familias que se conocen son Piperazinas, Pirrolidinfenonas, Derivados de la fenciclidina, Derivados de las fenetilaminas, Spice: cannabinoides sintéticos, Salvia (*Salvia divinorum*) y Kratom (*Myragyna speciosa*).<sup>1</sup> (Ver Anexo N° 1)

### 3.2 Formas de comercialización de drogas emergentes

Se tiene conocimientos de las maneras comercialización y distribución en internet de mefedrona desde 2007, donde se ofertan como fertilizante para plantas, sales de baño, o bajo la denominación de producto químico para investigación, con la leyenda colocada en su etiqueta la cual menciona que el producto es «no apto para consumo humano», se presenta en forma de polvo blanco o amarillento o como pastillas, pudiendo consumirse como falso éxtasis. Las vías de administración son la inhalada, la oral, la endovenosa y la intramuscular.

El Spice es una mezcla de hierbas, en torno a 14 tipos diferentes, de las que al menos dos (*Pidicularis densiflora* y *Leonitis leonurus*) podrían tener efectos psicótrpos, aunque se conoce poco la farmacología y toxicidad de todos sus ingredientes.

Se vende en las Smart shops desde 2004 como incienso, siendo a partir de 2006 cuando se populariza su consumo y su venta a través de internet, pasando a fumarse, a pesar una vez más de que en su envase advierte que no es apto para el consumo humano.

Las catinonas sintéticas o también conocidas comúnmente como “sales de baño” usualmente adoptan la forma de un polvo cristalino blanco o café y son vendidas en pequeños paquetes plásticos o de papel aluminio etiquetados como "No apto para el consumo humano".

En algunas ocasiones catinonas sintéticas son productos comercializados como "sales de baño" que no deben de ser confundidos con los productos como las sales de Epson que algunas personas usan durante el baño. Estos productos de baño no tienen ningún ingrediente que altere la mente. Las catinonas sintéticas se venden como "alimentos para plantas", "limpiador de joyas" o "limpiador de pantalla de teléfonos". Las personas pueden comprar estos productos en el internet y en tiendas de drogas parafernalia bajo una variedad de nombres.<sup>2</sup>

### 3.3 Mefedrona y sus características

Entre las sustancias sintéticas de nueva aparición se encuentra la mefedrona. Se trata de un compuesto sintético perteneciente al grupo de las catinonas con efectos estimulantes parecidos a las anfetaminas. Es una  $\beta$ -ketoanfetamina que es similar estructuralmente a la metcatinona (4, R=Me). La mefedrona está dentro de las denominadas nuevas sustancias psicoactivas (NSP) que en el mercado se conocen como "Research Chemical", "RCs", "Legal Highs", "drogas de diseño", "hierbas euforizantes" o "sustancias de investigación". Puede aparecer en forma de polvos o cristales de color blanco o amarillo, de olor característico, o también en forma de cápsulas, comprimidos o pequeñas bolitas.<sup>3</sup>

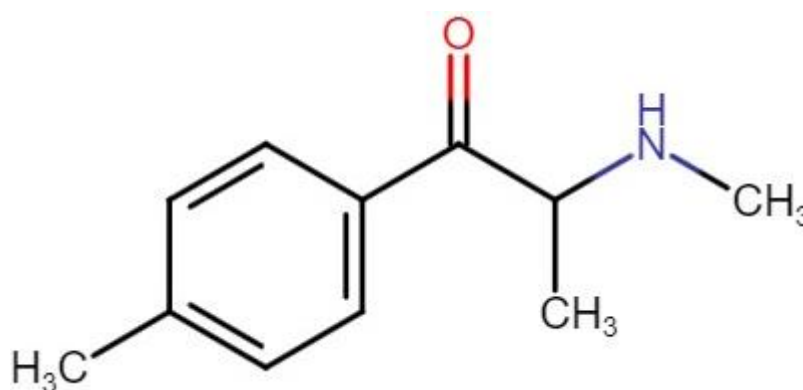


Figura. 1. Estructura química: 4-metilmecatinona

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>4</sup>

Tabla N°1. Características físicas y químicas de la mefedrona

Datos químicos	
Fórmula química	C11H15NO
Peso molecular	177.24 g/mol
Datos físicos	
Aspecto físico	Polvo blanco
Punto de fusión	66.61°

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>4</sup>

La mefedrona fue sintetizada por primera vez en 1929 por J.Sáenz et.al, en la cual se produce la alfa brominación de la 1-tolilpropano-1-ona y luego reacciona con la metilamina para producir 4-metilmetcatinona racémica. A partir del año 2007 esta sustancia comenzó a venderse por internet por empresas de suministros de productos químicos. A veces se disfraza su venta como productos químicos de investigación, ambientadores, abono para plantas o sales de baño con una “advertencia” o “descargo de responsabilidad” en la que se indica su carácter de no aptos para el consumo humano o bien que se han de utilizar únicamente con fines de investigación. También se puede encontrar mezclada con otras sustancias como la metilona.

La mefedrona es una catinona sintética que se produce y distribuye legalmente principalmente en Asia, mientras que el empaquetamiento final ocurre principalmente en Europa. Esta se vende principalmente en forma de polvo, pero también en cápsulas o tabletas. En Internet, la mefedrona puede ser comercializada como 'alimento vegetal', 'sal de baño' o 'producto químico de investigación'. Muy rara vez se comercializa como un "euforizante legal" y, por lo general, no hay referencias o información concreta sobre sus posibles efectos psicoactivos. <sup>4</sup>

La sal de clorhidrato de mefedrona es un polvo blanco, mientras que su base libre es un líquido amarillento a temperatura ambiente. Esta nueva droga

generalmente se vende como polvo cristalino: sal de clorhidrato estable, que es soluble en agua, blanca o de color claro. El polvo es fácilmente soluble en agua y se puede disolver para uso oral/rectal o para inyección. También se ha encontrado en forma de cápsulas que contienen polvo y tabletas prensadas a partir de polvo.<sup>5</sup>

En diversos estudios que se han realizado sobre el consumo de drogas en Reino Unido, que es uno de los países en los cuales más es consumida esta droga nueva, se ha observado que la mefedrona es considerada la sexta droga más consumida, tras la nicotina, alcohol, cannabis, cocaína y MDMA, lo que también la sitúa en la cuarta posición en consumo de drogas ilícitas. La mayoría de los consumidores de mefedrona rondan los 15-24 años, buscan drogas legales y hay una mayor prevalencia de varones. Es predominante en áreas urbanas y frecuente en clubs y discotecas, y podría estar reemplazando al MDMA.<sup>6</sup>

### 3.4 Farmacología y efectos adversos causados por la mefedrona

La farmacología que presenta la mefedrona se usa en dosis únicas de entre 5 y 250 mg, aunque debido a los efectos de corta duración, las dosis totales utilizadas por sesión pueden ser mayores, posiblemente entre 0,5 y 2 g. El inicio de los efectos deseados generalmente se observa dentro de los 15 a 45 minutos posteriores a la ingestión oral y unos minutos después de la insuflación nasal. Las personas que la han consumido informan que los efectos deseados duran aproximadamente de 2 a 3 horas y, por lo tanto, pueden consumir varias dosis durante una sesión para prolongar la duración de los efectos deseados.

Según la estructura química que presenta, es probable que tenga un mecanismo de acción similar al de otras drogas estimulantes (causando el bloqueo de la receptación y la estimulación de la liberación de neurotransmisores estimulantes como la serotonina, la dopamina y la norepinefrina). Esto está respaldado por los efectos simpaticomiméticos (pupilas dilatadas, taquicardia, hipertensión, agitación) observados con el uso de mefedrona que son similares a otras drogas estimulantes como la MDMA y la cocaína.<sup>5</sup>

Para el caso de los efectos adversos causados por la mefedrona, si es consumida por vía nasal, los efectos del consumo suelen iniciarse en los 30 minutos siguientes al mismo, seguidos de un bajón relativamente rápido. De acuerdo a relatos de usuarios que han consumido mefedrona por vía nasal, la dosis común de mefedrona esnifada ronda los 25 - 75 mg, considerando dosis elevadas a partir de 90 mg. Esta vía es la más común entre aquellas personas que presentan problemas de abuso.

La administración oral de mefedrona, incluye dosis superiores a las observadas en aquellas personas que emplean la vía nasal, con un rango que oscila entre los 150 y los 250 mg. Los efectos de la mefedrona se inician entre 45 y 120 minutos después de su consumo, y varían en función de la cantidad de alimento que haya en el estómago. Debido a este motivo las personas que la consumen manifiestan que es mejor consumirla teniendo el estómago vacío. Los efectos de la administración oral suelen durar entre 2 y 4 horas, con efectos secundarios más suaves y menos necesidad de volver a consumir.

Si las dosis consumidas varían entre los 20 y 50 mg, los efectos producidos son inexistentes. Normalmente para empezar a sentir efectos las dosis deben rendar entre los 100 mg.<sup>6</sup>

Se ha descrito que 48 horas después del consumo se experimenta una fase de descenso que se describe como física y mentalmente dolorosa, con problemas de concentración, cansancio, ansiedad, palpitaciones, dolor de cabeza y una sensación similar a descargas eléctricas.<sup>7</sup>

### 3.5 Pruebas cuantitativas para la confirmación de mefedrona en muestras incautadas

Para la detección de mefedrona por medio de métodos cuantitativos la variedad de pruebas que existen es mucho más amplia, la mayoría de estos métodos se apoya de equipos especializados como lo son los cromatógrafos.

Entre las distintas pruebas cuantitativas que se pueden utilizar se encuentra a continuación una breve descripción de cada una.

### 3.5.1 Cromatografía en fase gaseosa espectrometría de masas (CG-EM)

La CG-EM es una de las técnicas acopladas de uso más común para la identificación de muestras de drogas de relevancia forense y puede utilizarse como prueba de confirmación en el caso de las catinonas. Permite dos medios independientes de análisis: datos de separación cromatográfica y de fragmentación de masas. Hay un amplio abanico de instrumentos disponibles y el análisis debe realizarse con columnas capilares analíticas.

Para el análisis de mefedrona y algunos de sus metabolitos y/o precursores, la técnica de espectrometría de masas no distingue entre isómeros de metilmetcatinona; sin embargo, la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) y otras técnicas permiten diferenciar los isómeros.<sup>5</sup>

### 3.5.2 Cromatografía en fase líquida de alto rendimiento (CLAR)

La CLAR es otra técnica importante de separación que se utiliza en el análisis forense de drogas. La cromatografía de fase inversa es la de uso más común para la detección de drogas en materiales incautados, y la columna más universal y versátil es una columna de sílice deoctadecilo ligado (C18).

### 3.5.3 Cromatografía en fase líquida-espectrometría de masas en tándem (CL- EM/EM)

La CL- EM/EM es una poderosa técnica de confirmación que combina las características de separación de la CLAR convencionales con la capacidad de detección de un espectrómetro de masas en tándem, lo que se traduce en una selectividad considerablemente mayor.

Sus bajos límites de detección permiten el análisis de trazas y de especímenes biológicos tales como sangre o pelos. Gracias a su alta sensibilidad y selectividad, la CL-EM/EM es adecuada para el análisis tanto cualitativo como

cuantitativo de las catinonas sintéticas presentes en materiales incautados y especímenes biológicos.

#### 3.5.4 Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (EITF)

La EITF permite confirmar la identidad de una sustancia. Es posible identificar una catinona sintética de forma inequívoca a partir de su espectro exclusivo. En el caso de las sustancias en polvo que se consideran razonablemente puras, el espectro infrarrojo del polvo puede determinarse a partir de un disco de KBr.

#### 3.5.5 Espectroscopia por resonancia magnética nuclear (RMN)

La RMN es una poderosa técnica analítica que sirve para elucidar la estructura molecular y determinar la pureza (en condiciones analíticas correctas). La asignación completa de grupos funcionales de una molécula se puede obtener mediante experimentos de RMN con espectros unidimensionales de protón ( $^1\text{H}$ ) y carbono ( $^{13}\text{C}$ ) y una combinación de experimentos de correlación bidimensional, entre ellos NOESY (espectroscopia de efecto nuclear Overhauser) y HMQC (correlación heteronuclear múltiple cuántica).<sup>3</sup>

### 3.6 Pruebas cualitativas para la identificación de mefedrona

Las pruebas cualitativas que se pueden realizar para la detección de mefedrona en muestras incautadas de las cuales se tienen sospechas de que pueden tratarse de estupefacientes son las pruebas microcristalinas, la cual se efectúa con la ayuda de un microscopio y la cromatografía en capa delgada para la cual solamente se requiere de una cantidad de la muestra y una fase móvil que permitirá la identificación de esta.

#### 3.6.1 Pruebas microcristalinas

Las pruebas microcristalinas son pruebas rápidas, sencillas de realizar y sumamente sensibles que sirven para identificar sustancias. Estas pruebas



entrañan la formación de cristales a raíz de la reacción del compuesto en estudio con un reactivo. Los cristales resultantes se analizan luego mediante un microscopio de luz polarizada y se comparan con el material de referencia. A menudo, las fotografías de cristales la identificación y análisis de las catinonas sintéticas en los materiales incautados conocidos o los patrones de referencia o muestras de drogas conocidas se tratan de manera similar y se comparan.

### 3.6.2 Cromatografía en capa delgada

Es una técnica de uso común para la separación e identificación de drogas ilícitas. Es barata, rápida, sensible, flexible en la selección de las fases estacionaria y móvil, y aplicable a una gran variedad de sustancias, en forma de base y de sal, desde los compuestos más polares hasta los apolares. Se puede calcular un factor de retención correspondiente a cada compuesto de una muestra a fin de proporcionar una discriminación provisional dentro de una clase de drogas.

## 3.7 Ensayos cualitativos de color

Entre los métodos cualitativos para la identificación de mefedrona se encuentran los ensayos presuntivos de color. El principal de éstos es la Prueba del Reactivo de Zimmermann, la cual da una coloración determinada para cada tipo de droga luego de que la muestra ha pasado un lapso de tiempo en contacto con la mezcla de reactivos.<sup>6</sup>

### 3.7.1 Fundamento químico del ensayo de Zimmermann

Esta prueba comienza con el complejo de Meisenheimer, un complejo de Meisenheimer o complejo de Jackson- Meisenheimer en química orgánica es un aducto (producto formado por la unión directa de dos moléculas sin que se produzcan cambios estructurales en las mismas) de reacción 1: 1 entre un areno que lleva grupos sustractores de electrones y un nucleófilo. Estos complejos se encuentran como intermedios reactivos en la sustitución aromática nucleófila, pero también se conocen como complejos de Meisenheimer estables y aislados.<sup>7</sup>

El desarrollo temprano de este tipo de complejo tiene lugar a principios del siglo XIX. En 1886 Janovski observó un color violeta intenso cuando se mezcló meta -dinitrobenzene con una solución alcohólica de álcali. En 1895, Cornelis Adriaan Lobry van Troostenburg de Bruyn investigó una sustancia roja formada en la reacción de trinitrobenzene con hidróxido de potasio en metanol. En 1900 Jackson y Gazzolo hicieron reaccionar trinitroanisol con metóxido de sodio y propusieron una estructura quinoide para el producto de reacción.

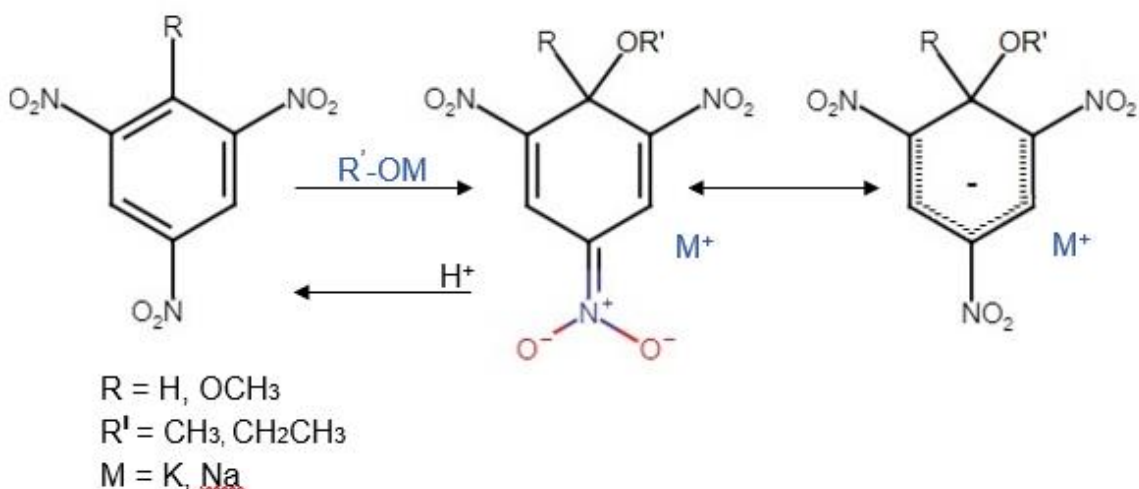


Figura. 2. Reacción del complejo de Meisenheimer

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>9</sup>

### Reacción de Zimmermann

En la reacción de Zimmermann, el aducto de Janovski, el cual resulta de la reacción del 1,3- dinitrobenzene con una cetona enolizable al aducto de Meisenheimer, se oxida con un exceso de base a un enolato de color intenso con la posterior reducción del compuesto dinitro a la nitro amina aromática. Esta reacción es la base de la prueba de Zimmermann utilizada para la detección de cetoesteroides. (Ver Anexo N°2)

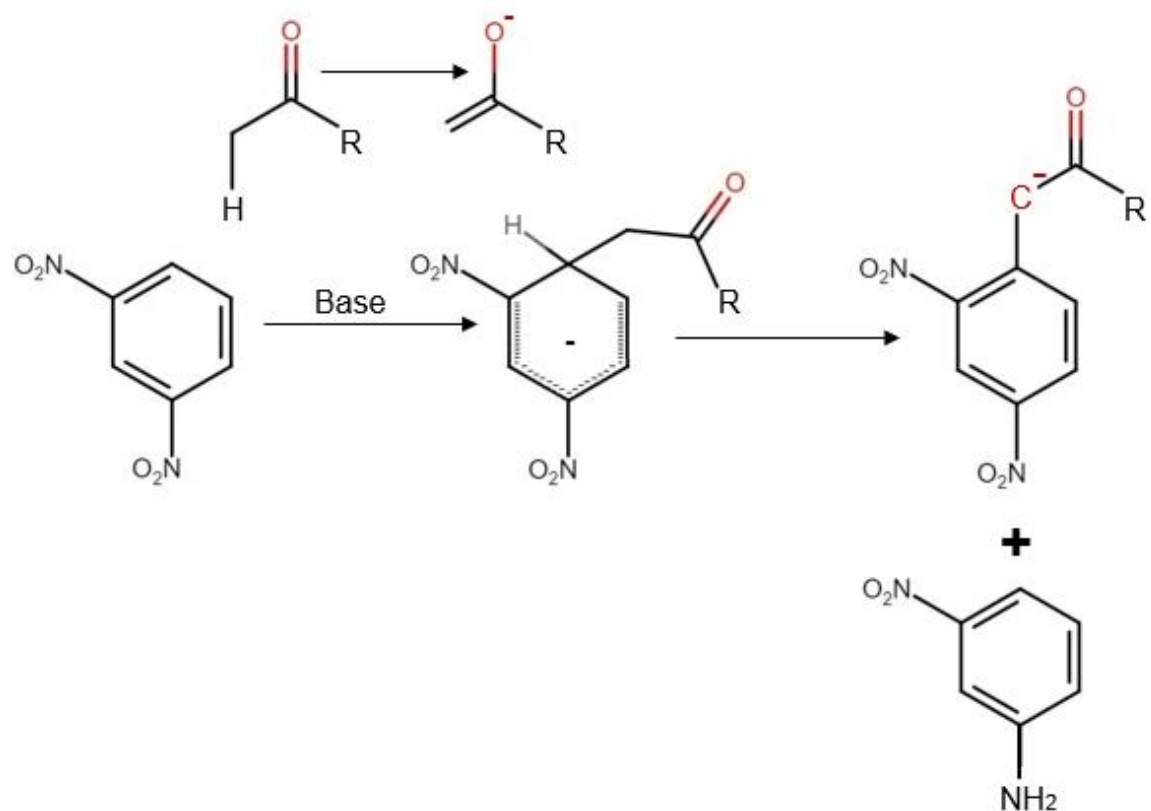


Figura. 3. Reacción de Zimmermann

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>9</sup>

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## 4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 Tipo de estudio

Bibliográfico. El tipo de estudio fue bibliográfico porque por medio de la lectura de libros y tesis se obtuvo la información referente a la comercialización, consumo y efectos que puede causar la mefedrona además de los métodos de análisis que existen para este tipo de sustancia.

Documental. El presente proyecto de investigación se basó en la obtención de datos resultado de la lectura de materiales impresos y digitales relacionados al tema de interés.

La investigación bibliográfica se realizó en:

- Biblioteca central de la Universidad de El Salvador
- Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia “Dr. Benjamín Orozco”
- Bases de datos pertenecientes al sistema bibliotecario universitario (repositorio institucional, artículos, revistas científicas, entre otros)
- Sitios Web

### 4.2 Desarrollo

La investigación se realizó en tres etapas las cuales se detallan a continuación:

#### Primera Etapa

En esta etapa se realizó la recopilación de material bibliográfico relacionado al tema seleccionado, se enfocó en la búsqueda de información en bibliotecas tanto de manera física como digital, así como tesis, artículos científicos, revistas entre otros documentos que contribuyeron en la profundización del tema.

### Segunda etapa

Luego de haber recopilado la información, se realizó una depuración de la misma, seleccionando aquella utilizada para la presentación de la propuesta.

### Tercera etapa

Se diseñó una práctica de laboratorio con la modificación propuesta para el ensayo de la prueba de Zimmermann, dicha práctica se estructuró con base en los lineamientos de la guía proporcionada para tal fin (Ver Anexo N°3). La propuesta de la práctica de laboratorio se presenta a continuación, en el capítulo V

## **CAPITULO V**

### **PROPUESTA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



PRUEBA DE ZIMMERMANN MODIFICADA PARA LA  
IDENTIFICACION DE MEFEDRONA





## **OBJETIVOS**

- Implementar el método colorimétrico de Zimmermann modificado para la realización del ensayo en campo.
- Aplicar el método propuesto para la identificación de mefedrona y su diferenciación de otras drogas.
- Comparar las diferencias de coloración al utilizar el reactivo original de Zimmermann versus la modificación de la prueba propuesta con el objetivo de ver que tan eficiente es la modificación propuesta.

## FUNDAMENTO TEORICO

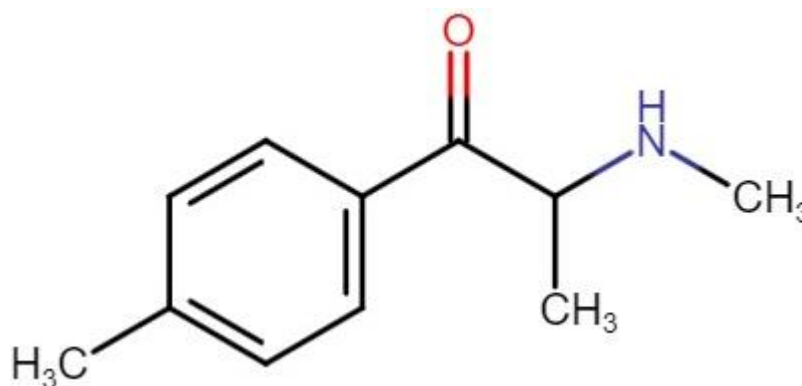


Figura. 1. Estructura química: 4-metilmecatinona.<sup>4</sup>

La mefedrona es un análogo sintético de la catinona, uno de los principios psicoactivos de la planta khat (*Catha edulis*, kat, cat) (Kalix,1992). Ambas sustancias, emparentadas química y funcionalmente con las anfetaminas, derivan de la feniletilamina, es decir, poseen un grupo benceno y un grupo etilamina, y característicamente un grupo cetónico. Concretamente, la mefedrona difiere de la catinona por la presencia de un anillo de benceno y la metilación del grupo amino.

### Fundamento Químico del Ensayo de Zimmermann

El fundamento químico de esta prueba comienza con el complejo de Meisenheimer, Un complejo de Meisenheimer o complejo de Jackson-Meisenheimer en química orgánica es un aducto de reacción 1: 1 entre un areno que lleva grupos sustractores de electrones y un nucleófilo. Estos complejos se encuentran como intermedios reactivos en la sustitución aromática nucleófila, pero también se conocen sales de Meisenheimer estables y aisladas.

El desarrollo temprano de este tipo de complejo tiene lugar a principios del siglo XIX. En 1886 Janovski observó un color violeta intenso cuando se mezcló meta-dinitrobenzene con una solución alcohólica de álcali. En 1895, Cornelis Adriaan Lobry van Troostenburg de Bruyn investigó una sustancia roja formada en la reacción de trinitrobenzene con hidróxido de potasio en metanol. En 1900 Jackson y Gazzolo hicieron reaccionar trinitroanisol con metóxido de sodio y propusieron una estructura quinoide para el producto de reacción.

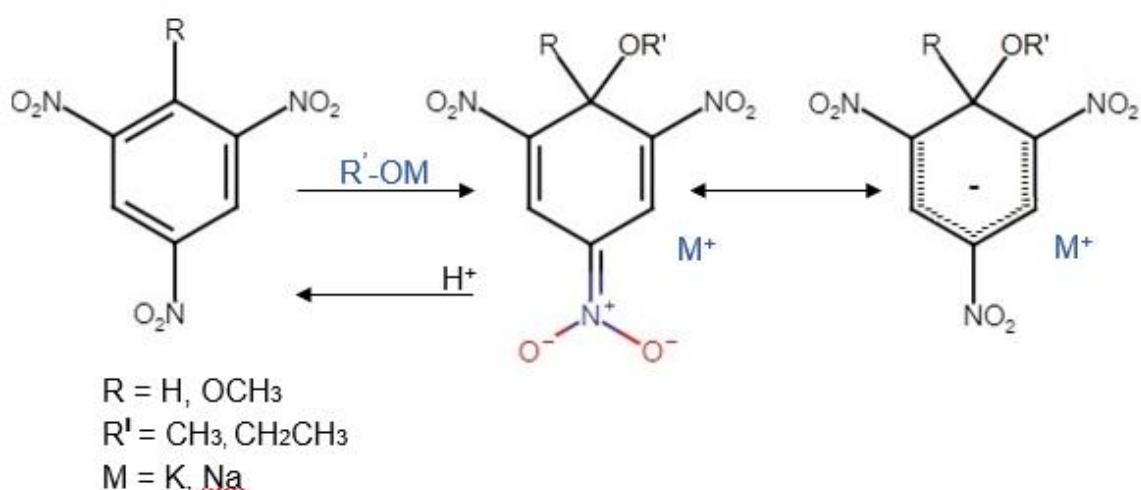


Figura. 2. Reacción del complejo de Meisenheimer.<sup>5</sup>

### Reacción de Zimmermann

En la reacción de Zimmermann, el aducto de Janovski, el cual resulta de la reacción del 1,3-dinitrobenzene con una cetona enolizable al aducto de Meisenheimer, se oxida con un exceso de base a un enolato de color intenso con la posterior reducción del compuesto dinitro a la nitroamina aromática. Esta reacción es la base de la prueba de Zimmermann utilizada para la detección de cetosteroides.

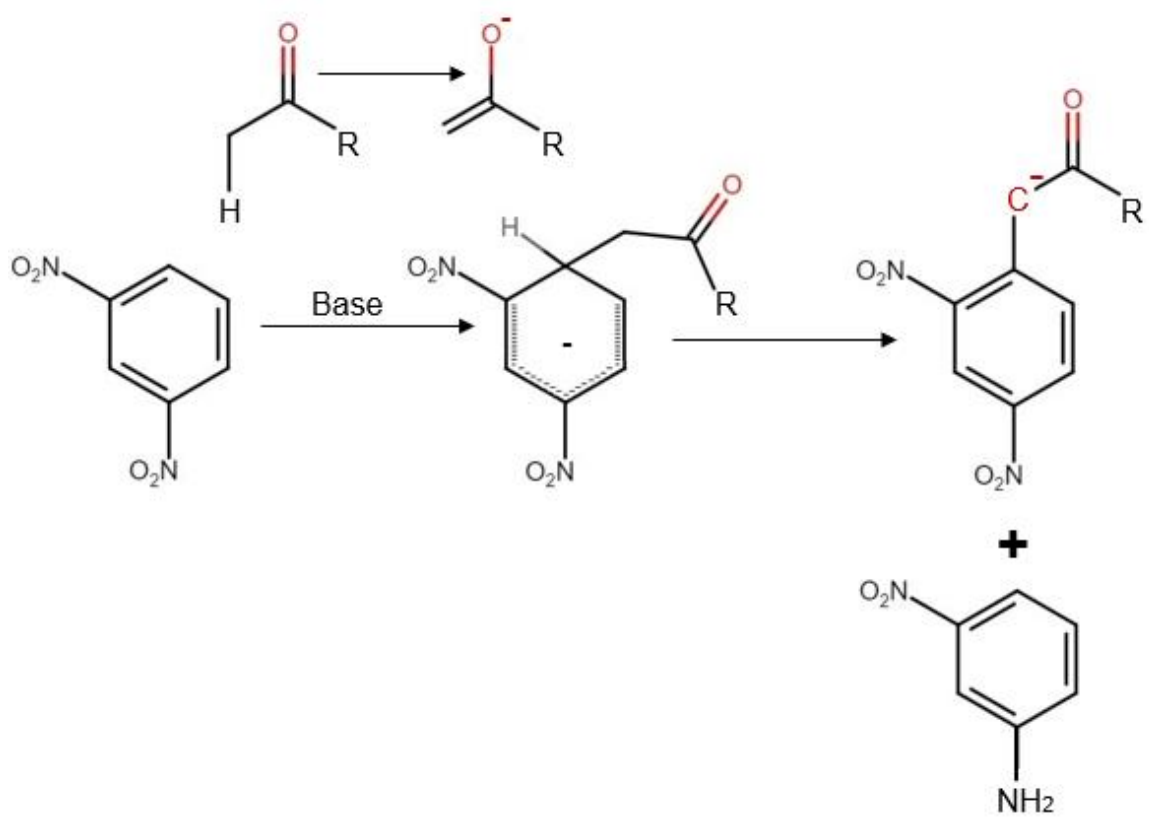


Figura. 3. Reacción de Zimmermann.<sup>5</sup>

## MATERIALES Y REACTIVOS

### Materiales

- Crisol de porcelana
- Micro espátula
- Agitadores de vidrio
- Frasco gotero de polietileno de 10 mL
- Frasco gotero ámbar de vidrio de 10 mL
- Beaker de 250 mL

### Reactivos

- 1,3-dinitrobenceno en metanol
- Solución de soda caustica
- Agua destilada

## CONOCIMIENTOS PREVIOS

Conocimientos sobre:

- Reacciones exotérmicas.
- Almacenamiento adecuado de sustancias de tipo hidróxido como alcohólicas.

Investigar:

- Naturaleza de los reactivos hidróxido
- Naturaleza de los reactivos alcohólicos en el medio ambiente.
- Ventajas y desventajas que conlleva la realización de una prueba colorimétrica.
- Pruebas colorimétricas en drogas de abuso.

## PROCEDIMIENTO

### Prueba modificada de la reacción de Zimmermann

1. Verter todo el contenido de la ampolla de 10 mL de 1,3-dinitrobenceno en metanol al frasco gotero ámbar de vidrio de 10 mL.
2. Rotular al frasco gotero ámbar de vidrio de 10 mL como "Reactivo 1a".
3. Verter la solución de soda caustica en el frasco de gotero de polietileno de 10 mL.

#### \*NOTA 1

\*En el caso que no se pueda contar con la solución preparada de Soda caustica y solo se puedan obtener en forma de escama la manera de preparar la solución como se muestra en el Anexo N°1

4. Rotular el frasco gotero de polietileno de 10 mL como "Reactivo 1b".
5. En un crisol y haciendo uso de una micro espátula introducir una pequeña cantidad de la muestra que se pretende analizar
6. - Añadir 2 gotas de Reactivo 1a  
- Añadir 2 gotas de Reactivo 1b  
Se deben llevar controles positivos y negativos:
  - Control positivo: droga como tal (mefedrona)
  - Control negativo: agua (por ejemplo)
7. Tomar nota de cualquier cambio de color u otro efecto perceptible que ocurra inmediatamente después de haber añadido los siguientes reactivos previamente preparados.
8. Anotar observaciones de nuevo después de cinco minutos.
9. Al momento de adicionar los reactivos se obtendrá una coloración morado claro, lo que indica positivo para catinona mefedrona
10. Luego de haber transcurrido los 5 minutos se obtendrá una coloración que puede ir del color morado oscuro hasta color vino como evidencia positiva de mefedrona.

## REFERENCIAS BLIOGRÁFICAS

1. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. Métodos para el ensayo inmediato de drogas de uso indebido. [Manual para uso del personal de los laboratorios nacionales de Estupefacientes y de los organismos de represión]. Nueva York: Naciones Unidas; 2016.
2. Papaseit Fontanet, E. Potencial de abuso y farmacología humana de la mefedrona (4-MMC, 4-metilmecatinona). [Tesis para doctorado en medicina] Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona; 2016.
3. G. Burillo-Putze, B. Climent, J. L. Echarte, P. Munné, Ó. Miró, J. Puiguriguer, et. Al. Drogas emergentes (I): las «smart drugs». [Internet]. 2011 [Consultado el 28 de julio de 2022]: 1. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4321/S1137-66272011000200012>.
4. 4. Villafañe Alonso M. Análisis de Mefedrona en sustancias estupefacientes incautadas. [Tesis de Licenciatura en Química]. Valladolid, España. Universidad de Valladolid; 2015.
5. Complejo de Meisenheimer. [Internet]. Estados Unidos: [Consultados el 3 de junio de 2022] Disponible en: [https://hmong.es/wiki/Meisenheimer\\_complex](https://hmong.es/wiki/Meisenheimer_complex)



**ANEXOS**

**ANEXO N°1**  
**PREPARACIÓN DE REACTIVOS**

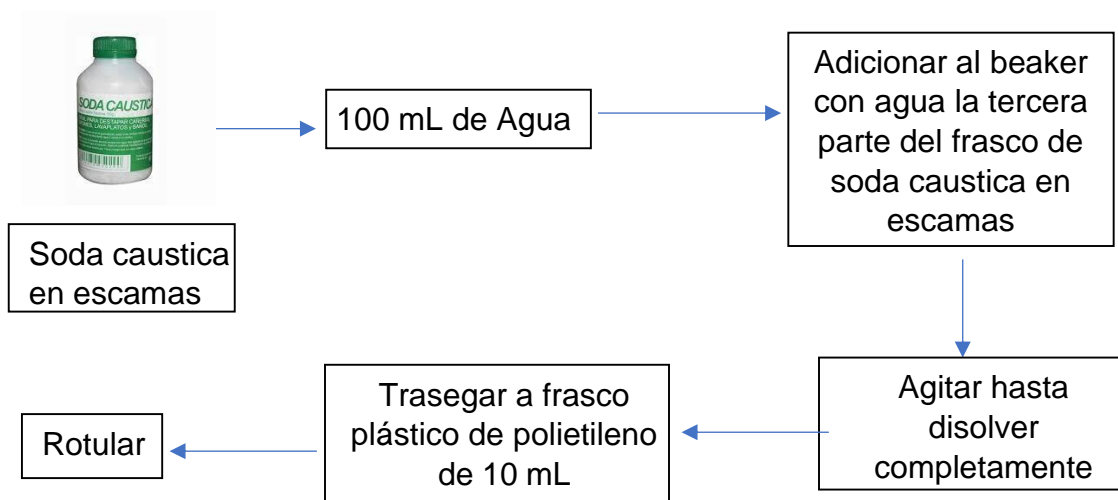


Figura 4. Preparación de solución de hidróxido de sodio a partir de escamas

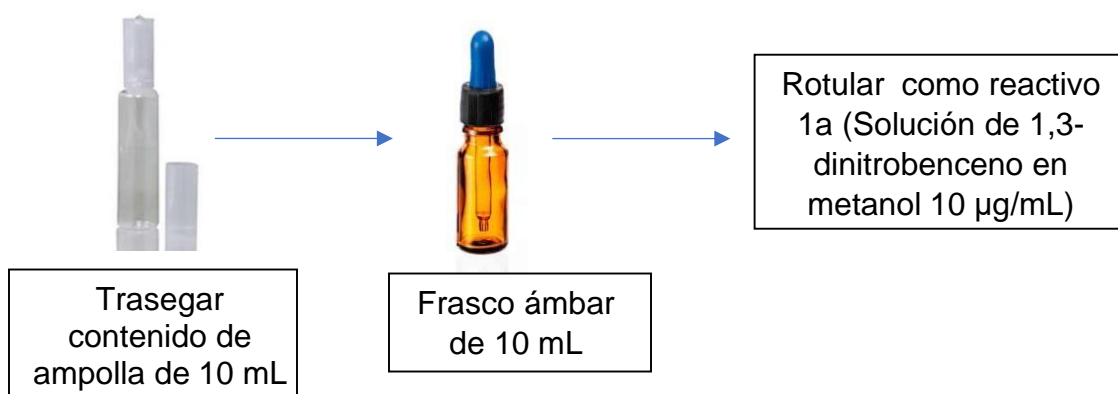


Figura 5. Preparación de Reactivo 1a

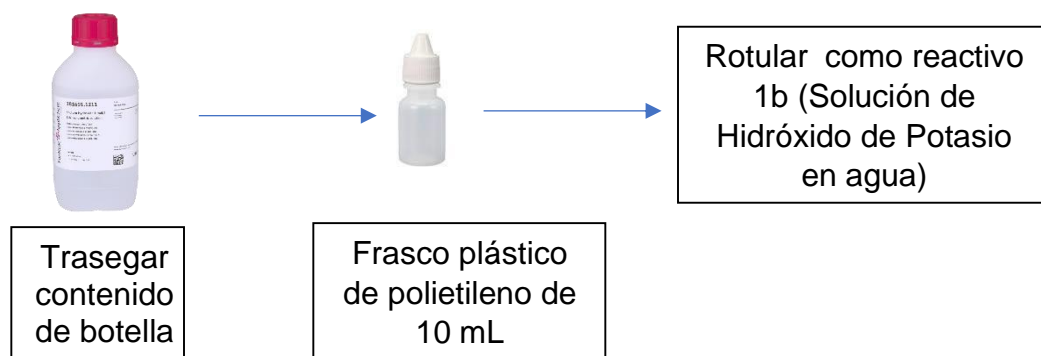


Figura 6. Preparación de Reactivo 1b

**ANEXO N°2**  
**COLORACIONES OBTENIDAS CON LAS DISTINTAS DROGAS**

Cuadro 1. Resultados obtenidos comúnmente respecto de distintas catinonas al realizar el ensayo de Zimmermann

Compuesto	Cambio de color inmediato	Color después de 5 minutos
Benzedrona (4-MBC)	No cambia el color	Rosa pálido
Bupropión	No cambia el color	No cambia el color
Butilona	(Después de 10 segundos) Rosa muy pálido	Morado oscuro
Eutilona	No cambia el color	Ligeramente morado
Flefedrona	Morado claro	Morado oscuro
MDPV	Amarillo	Amarillo
Mefedrona	Morado claro	Granate/morado

**ANEXO N°3**  
**PROCEDIMIENTO ESQUEMÁTICO**

## Análisis de sustancia sospechosa



Figura 7. Procedimiento modificado de la prueba de Zimmerman

## Resultados obtenidos

MUESTRA	COLOR OBTENIDO
Control Positivo	Morado Oscuro
Control Negativo	Sin coloración
Muestra sospechosa	

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**



## 6.0 CONCLUSIONES

1. A pesar de que la mefedrona es una droga relativamente nueva en el mercado salvadoreño según la presente investigación se ha evidencia un aumento en su consumo por parte de muchos jóvenes, que pueden presentar algunos efectos ansiedad, dolores de cabeza y sensaciones similares a descargas eléctricas.
2. La prueba con el reactivo de Zimmermann, resulta ser una buena opción para el análisis previo de drogas emergentes, y de acuerdo a sus resultados permite establecer que análisis cuantitativos realizar de acuerdo con los resultados obtenidos.
3. La prueba modificada de Zimmermann no puede llegar a ser sustituto de las pruebas cuantitativas para esta droga, sin embargo, es una buena alternativa para orientar al analista permitiéndole establecer las determinaciones cuantitativas a realizar.

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES

1. A la cátedra de Química Forense y Toxicología de la Facultad de Química y Farmacia, realizar estudios adicionales necesarios para demostrar la intercambiabilidad de la prueba original respecto a la modificación propuesta en este estudio.
2. Considerar los beneficios derivados de la modificación del ensayo de Zimmermann original en el análisis de drogas emergentes y recomendar la implementación de esta, en las prácticas de laboratorio con los estudiantes de la asignatura de Química Forense y Toxicología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
3. Establecer y estrechar un convenio de colaboración conjunta entre la Facultad de Química y Farmacia e instituciones tales como la Policía Nacional Civil, a fin de armonizar la aplicación e implementación de esta determinación y favorecer la generación de un banco de datos vinculados a la modificación en el ensayo propuesto en este trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. García-Repetto R., Soria M. L. Drogas Emergentes: Una perspectiva medicolegal. 2010. (2-5)
2. G. Burillo-Putze, B. Climent, J. L. Echarte, P. Munné, Ó. Miró, J. Puiguriguer, *et. Al.* Drogas emergentes (I): las «smart drugs». [Internet]. 2011 [Consultado el 7 de mayo de 2022]: 1. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4321/S1137-66272011000200012>.
3. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. Métodos Recomendados para la Identificación y el Análisis de las cationonas Sintéticas en materiales incautados. [Manual para uso de laboratorios nacionales de análisis de drogas]. Nueva York: Naciones Unidas; 2016.
4. Villafañe Alonso M. Análisis de Mefedrona en sustancias estupefacientes incautadas. [Tesis de Licenciatura en Química]. Valladolid, España. Universidad de Valladolid; 2015.
5. Consejo 2005/387/JAI sobre información, intercambio, evaluación de riesgos y control de nuevas sustancias psicoactivas. Informe de evaluación de riesgos de una nueva sustancia psicoactiva: 4-metilmecatínona (mefedrona). European Monitoring Centre for Drugs and Drugs addiction. 2005: 16 (4-7).
6. Antúnez JM., Navarro, J.F., Drogas emergentes: Mefedrona. *Psiquiatria.com*. 2012: 9 (3-5)
7. Quiñonez Zúñiga E.L. Nuevas sustancias psicoactivas en el mercado global: Un nuevo reto para la persecución penal. *Gac. int. cienc. Forense*. 2016: (2-3)
8. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. Métodos para el ensayo inmediato de drogas de uso indebido. [Manual para uso del personal de

los laboratorios nacionales de Estupefacientes y de los organismos de represión]. Nueva York: Naciones Unidas; 2016.

9. Complejo de Meisenheimer. [Internet]. Estados Unidos: [Consultados el 3 de junio de 2022] Disponible en: [https://hmong.es/wiki/Meisenheimer\\_complex](https://hmong.es/wiki/Meisenheimer_complex).

10. Freund. Soda caustica en escamas. [Internet]. 2022 [Consultado el 15 de mayo de 2022] Disponible en <https://www.freundferreteria.com/Productos/Detalle/52375a1d-0a5f-437a-ae79-1d6aba9e128f?producto=destapador%20tuberia%20escama%20soda%20caustica%20envase%20350%20gramos>

11. Ainsa. Solución de soda caustica. [Internet]. 2022 [Consultado el 15 de mayo de 2022] Disponible en: <https://ainsa.com.sv/productos/linea-limpieza/>

## **ANEXOS**

**ANEXO N°1**

**CLASIFICACIÓN QUÍMICA DE DROGAS EMERGENTES Y MECANISMOS DE ACCIÓN DE DROGAS EMERGENTES.**

Tabla N°1. Clasificación química de drogas emergentes

Familias Químicas	Clase de Sustancias	Sustancias
Piperazinas	Bencilpiperazinas	N-bencilpiperazina(BZP) 1-(3,4-metilendioxi-bencil)piperazina
	Fenilpiperazinas	(mCPP) 1-(3-trifluorometilfenil) piperazina
		(TFMPP) 1-(4-metoxifenil) piperazina (MeOPP)
Pirrolidinfenonas		R,S- $\alpha$ -pirrolidinpropiofenona (PPP)
		R,S-4'-metoxi- pirrolidinpropiofenona (MOPPP)
		R,S-3,4-metilendioxi- pirrolidinpropiofenona (MDPPP)
		R,S-4'metil- -pirrolidinhexanofenona (MPHP)
Derivados de la fenciclidina		N-(1-fenilciclohexil) propanamina (PCPr)
		N-(1-fenilciclohexil)-3-metoxipropanamina (PCMPA)
		N-(1-fenilciclohexil)-2-metoxietanamina (PCMEA)
Derivados de las fenetilaminas	2,5-dimetoxianfetaminas	4-bromo-2,5-dimetoxianfetamina (DOB)
		4-cloro-2,5-dimetoxianfetamina (DOC)
		4-yodo-2,5-dimetoxianfetamina (DOI)
		4-bromo-2,5-dimetoximetanfetamina (MDOB)
		2,4,5-trimetoxianfetamina (TMA)
	2,5-dimetoxifenetilaminas	4-bromo-2,5-dimetoxi-fenetilamina (2CB)
		4-yodo-2,5-dimetoxi- -fenetilamina (2CI)
		4-etil-2,5-dimetoxi- -fenetilamina (2CE)
		4-etiltio-2,5-dimetoxi- -fenetilamina (2CT2)
		2,5-dimetoxi-4-metil- -fenetilamina (2CD)
	$\beta$ -cetoanfetaminas	2,5-dimetoxi-4-propiltio-fenetilamina (2CT7)
		Butilona



Tabla N° 1. (continuación)

	Bromo-Dragonfly	Mefedrona
		Etilona
		Bromobenzodifuranilisopropilamina
Spice: cannabinoides sintéticos	Dibenzopiranos	HU-120, HU-211, levonatradol
	Cannabinoides no clásicos	Análogos bicíclicos o tricíclicos de dibenzopiranos: CP55-940, CP-47497
	Aminoalquilindoles	WIN 55212-2, JHW-015, JHW-018 y JHW-073
Salvia (Salvia divinorum)		Salvinorina A
Kratom (Myragyna speciosa)		Principios activos: mitraginina, mitrafilina y 7- hidroximitraginina

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>1</sup>

Tabla N°2. Mecanismos de acción de drogas emergentes

Familia Química	Mecanismo de Acción
Piperazinas	BZP: agonista 5HT1/ Inhibición de recaptación de serotonina
	MOBP: inhibición débil de la recaptación de serotonina
	mCPP y TFMPP: interacción con sistemas serotoninérgicos en ambos casos. Además, mCPP interacciona sistemas adrenérgicos y serotoninérgico
Pirrolidinifenonas	Liberan dopamina y presentan propiedades simpaticomiméticas indirectas
Derivados de la fenciclidina	Su mecanismo de acción es desconocido en la actualidad.
Derivados de la fenetilaminas	2,5-dimetoxianfetaminas: agonista y antagonista de los receptores subtipos 5HT2
	2,5-dimetoxifenetilaminas: agonista y antagonistas de los subtipos de receptores 5HT2
	2CB: actúa sobre los receptores $\alpha$ -1 adrenérgicos
	B-cetoanfetaminas: aumentan la liberación / inhiben la recaptación de neurotransmisores noradrenérgicos. Tienen efectos similares a las anfetaminas
	Bromo- DragonFly: agonista de receptores 5HT2 y $\alpha$ -adrenérgicos. Tienen efectos similares al LSD
Spice: Cannabinoides sintéticos	Dibenzopiranos: agonista de receptores CB1 y CB2
	Cannabinoides no clásicos: agonista de receptores CB1

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>1</sup>

**ANEXO N°2**

**Ensayo original con el reactivo de Zimmermann**

## ENSAYO ORIGINAL CON EL REACTIVO DE ZIMMERMANN

### Materiales a utilizar

- Crisol de porcelana
- Beackers de 250 ml
- Agitadores de vidrio

### Equipos:

- Balanza granataria

### Reactivos a utilizar:

- 1,3-dinitrobenceno
- Metanol
- Hidróxido de Potasio
- Agua destilada

### Preparación de los Reactivos<sup>6</sup>

- Reactivo 1a (1,3-dinitrobenceno en metanol): Disolver 1 g de 1,3- dinitrobenceno en 100 ml de metanol
- Reactivo 1b (Hidróxido de Potasio en agua): Disolver 15 g de Hidróxido de Potasio en 100 ml de agua

### Procedimiento para el Ensayo con el reactivo de Zimmermann

1. En un crisol se introduce una pequeña cantidad de la muestra objeto de análisis
2. Se van añadiendo los reactivos sucesivamente:
  - Añádanse 2 gotas de 1,3-dinitrobenceno en metanol al 1% masa/volumen (Reactivo 1a)
  - Añádanse 2 gotas de hidróxido de potasio en agua al

15% masa/volumen. (Reactivo 1b)

3. Se deben utilizar controles positivos y negativos.
4. Tomar nota de cualquier cambio de color u otro efecto perceptible que ocurra inmediatamente después de haber añadido los siguientes reactivos previamente preparados
5. Anotar observaciones de nuevo después de cinco minutos.

## Esquema de procedimiento

### 1. Preparación de los reactivos

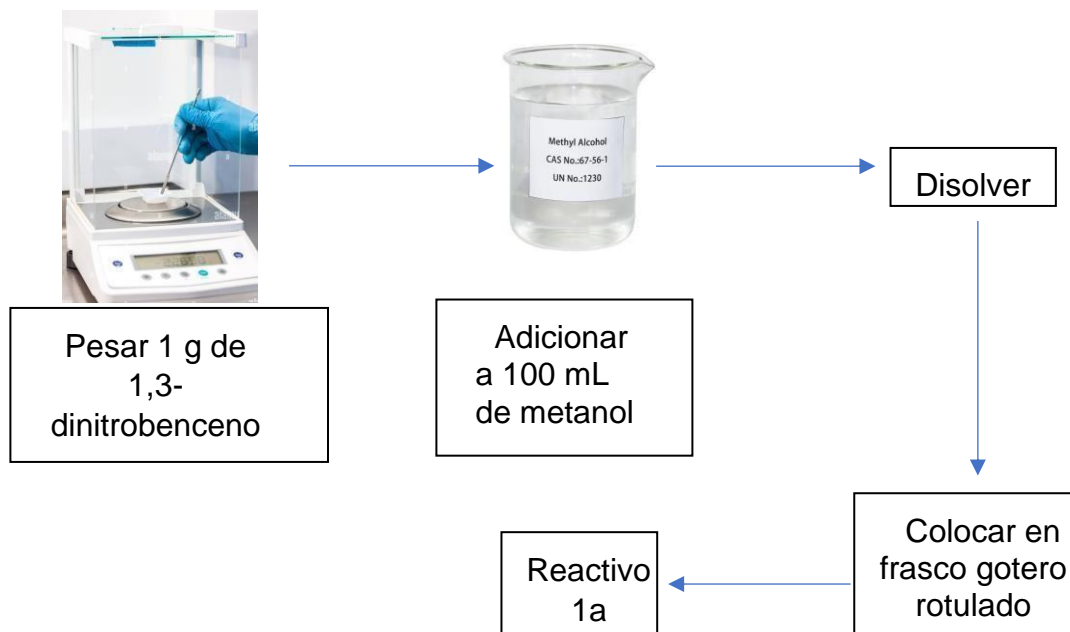


Figura 4. Preparación de reactivo 1<sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia con base en I referencia <sup>8</sup>

#### a. Reactivo 1b

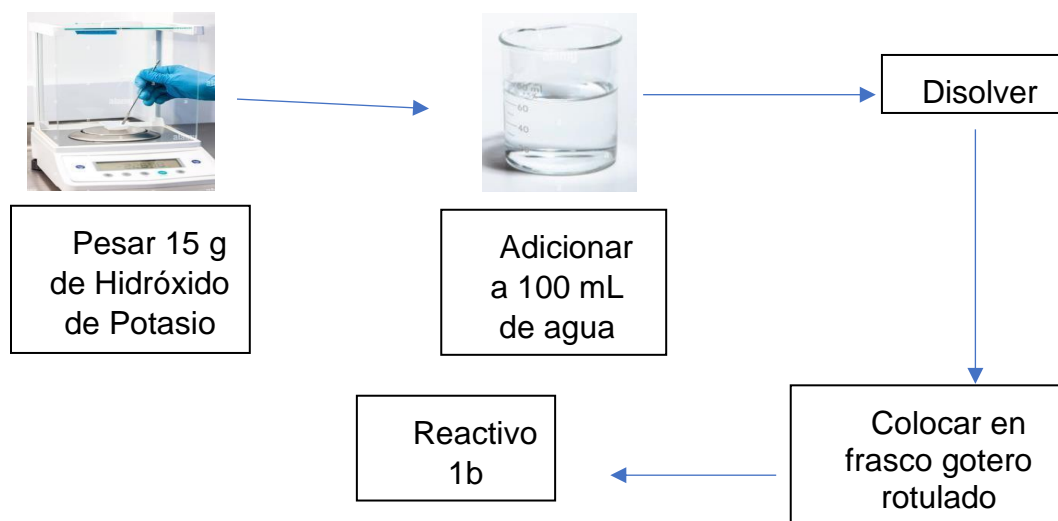


Figura 5. Preparación de reactivo 1b

Fuente: Elaboración propia con base en I referencia <sup>8</sup>

## 2. Procedimiento del Ensayo con el reactivo de Zimmermann

### Análisis de sustancia sospechosa

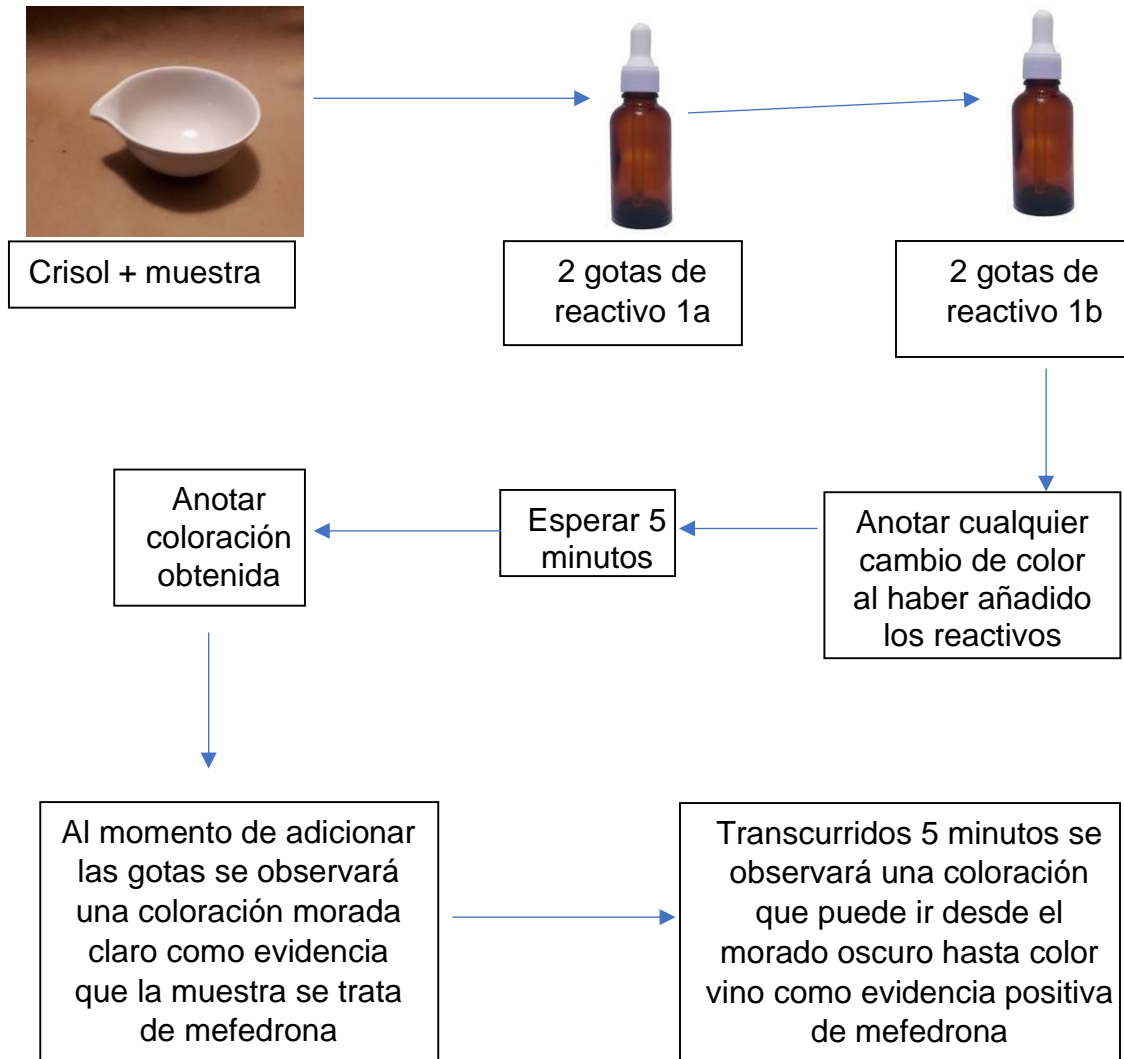


Figura 6. Prueba con el reactivo modificado de Zimmermann

Fuente: Elaboración propia con base en I referencia <sup>8</sup>

**ANEXO N° 3**

**LINEAMIENTO PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE LA PRACTICA DE**

**LABORATORIO**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

“ANÁLISIS QUÍMICO APLICADO A LA  
INVESTIGACIÓN CRIMINAL”

**ESTRUCTURA DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO**

El presente documento establece el contenido a ser considerado para la estructuración de la propuesta de práctica de laboratorio, que presentarán los egresados al concluir el Curso de Especialización y contendrá los siguientes apartados:

Portada:

Nombre de la Facultad (Centrado)

Nombre de la Práctica (Centrado)

Imagen alusiva a la temática (Centrado)

Objetivos:

Establecer un mínimo de tres Objetivos, no es necesario diferenciar entre objetivo general y específicos.

Fundamento Teórico:

Deberá incluirse el fundamento químico, puede incluirse reacciones químicas que ayuden a la comprensión del tema.

#### Equipo, Materiales y Reactivos:

Debe desglosarse cada uno de estos requerimientos para el desarrollo de la práctica. En cuanto del equipo deben ser incluidas las especificaciones.

Los materiales deben ser detallados, de igual manera se deberán incluir las especificaciones. Los reactivos, deben detallarse los que se utilizarán en estado puro y los preparados, incluyendo información como concentraciones, en caso de ser necesario.

#### Conocimientos Previos:

Plasmar cualquier conocimiento previo que sea necesario para que el estudiante comprenda de manera íntegra la práctica que va a desarrollar y que no se contempla en el fundamento teórico.

#### Procedimiento:

Deberá ser presentado paso a paso de manera secuencial, podrá incluir un esquema que permita visualizar mejor el proceso.

#### Referencias Bibliográficas:

De acuerdo con Normas VANCOUVER

**ANEXO N° 4**  
**SODA CAUSTICA EN ESCAMAS**



*Figura 7.* Frasco plástico con soda caustica en escamas

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>10</sup>

**ANEXO N. ° 5**  
**SOLUCIÓN DESTAPADOR DE CAÑERÍAS (SOLUCIÓN DE SODA CAUSTICA)**



*Figura 8.* Solución de soda caustica

Fuente: Elaboración propia con base en la referencia <sup>11</sup>