



## REVISIÓN

# Optimising emergency response: strategic integration of forensic toxicology into clinical laboratory protocols

## Optimización de la Respuesta en Emergencias: integración Estratégica de la Toxicología Forense en los Protocolos de Laboratorio Clínico

Anthony Javier Yaguargos Daza<sup>1</sup>  , Álvaro Paúl Moina Veloz<sup>1</sup>  

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, Facultad Ciencias de la Salud, Carrera Laboratorio Clínico Ambato, Ecuador.

**Citar como:** Yaguargos Daza AJ, Moina Veloz Álvaro P. Optimising emergency response: strategic integration of forensic toxicology into clinical laboratory protocols. Salud, Ciencia y Tecnología. 2024; 4:1207. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20241207>

Enviado: 01-02-2024

Revisado: 20-05-2024

Aceptado: 14-07-2024

Publicado: 15-07-2024

Editor: Dr. William Castillo-González 

### ABSTRACT

The integration of forensic toxicology into clinical laboratory protocols proved crucial in improving emergency response, as it examined the harmful effects of chemical substances and their interaction with the body. Identifying the causative agent of poisoning was complicated by non-specific symptoms and the emergence of new psychoactive substances. These substances, designed to mimic the effects of drugs of abuse, were regulated internationally.

According to Alza and Hanco, the use of illicit substances such as marijuana and cocaine was common in cases of domestic violence in Peru. Ponce Renata reported an increase in the use of these substances and alcohol in crimes in Riobamba, Ecuador.

For a rapid and reliable response in emergencies, toxicological studies were needed to identify the causative agents and to collaborate with health workers. The timely availability of tests was limited, so this study was essential to establish cause-effect relationships and improve response protocols and the recognition and handling of toxic substances.

**Keywords:** Forensic Toxicology; Clinical Laboratory Protocols; Emergency Response Protocols.

### RESUMEN

La integración de la toxicología forense en los protocolos de laboratorio clínico resultó crucial para mejorar las respuestas de emergencia, ya que estudió los efectos nocivos de las sustancias químicas y su interacción con el organismo. La identificación del agente causal de una intoxicación se complicaba debido a síntomas no específicos y a la aparición de nuevas sustancias psicoactivas. Estas sustancias, diseñadas para imitar las drogas de abuso, estaban reguladas internacionalmente.

Según Alza y Hanco, el consumo de sustancias ilícitas, como marihuana y cocaína, fue frecuente en casos de violencia familiar en Perú. Ponce Renata reportó un aumento en el uso de estas sustancias y alcohol en delitos en Riobamba, Ecuador.

Para una respuesta rápida y confiable en emergencias, los estudios toxicológicos debían identificar los agentes causales y colaborar con el personal de salud.

La disponibilidad oportuna de pruebas era limitada, por lo que este estudio fue esencial para establecer relaciones causa-efecto y mejorar los protocolos de respuesta, reconocimiento y procesamiento de sustancias tóxicas.

**Palabras clave:** Toxicología Forense; Protocolos de Laboratorio Clínico; Protocolos de Emergencia.

## INTRODUCCIÓN

La integración de la toxicología forense en los protocolos de laboratorio clínico se ha vuelto esencial en la optimización de las respuestas de emergencia, dado que la toxicología es la ciencia que estudia la nocividad de las sustancias químicas y su interacción con el organismo.<sup>(1)</sup> La nocividad es la propiedad connatural de un compuesto químico o agente físico capaz de producir efectos indeseables en el organismo cuando este alcanza una determinada concentración.<sup>(2)</sup> Los signos y síntomas de intoxicación no siempre son específicos, lo que dificulta la identificación del agente causal.<sup>(2)</sup> Esta identificación puede complicarse debido a las nuevas sustancias psicoactivas, que surgen con el tiempo.<sup>(3)</sup> Las sustancias psicoactivas son moléculas psicotrópicas sintetizadas para duplicar los efectos de las drogas de abuso.<sup>(4)</sup> Las drogas de abuso son sustancias consumidas por millones para alterar la conciencia, asociadas a determinados grupos sociales y culturales.<sup>(5)</sup> Por esta razón, se han creado convenios internacionales y legislaciones nacionales para regular la producción y el comercio de dichas sustancias.<sup>(3)</sup>

Según Alza y Hanco, el consumo de sustancias ilícitas en delitos de violencia familiar, basado en informes del laboratorio de química y toxicología forense de la Policía Nacional del Perú durante el año 2020, es un problema social frecuente capaz de causar graves consecuencias en el entorno familiar, siendo las más consumidas la marihuana y la cocaína.<sup>(6)</sup> Ponce Renata indica que la incidencia del uso de sustancias ilegales y alcohol en la comisión de delitos en Riobamba ha incrementado, ya que los delincuentes buscan consumir estos estupefacientes para ayudarles en la comisión de delitos.<sup>(7)</sup>

Las respuestas en emergencias deben ser rápidas y confiables, por lo que los estudios toxicológicos deben enfocarse en identificar los agentes etiológicos de una posible intoxicación, trabajando conjuntamente con el personal de salud involucrado para determinar los exámenes de laboratorio necesarios en cada caso.<sup>(8)</sup> Dado que las pruebas de laboratorio en toxicología de emergencia no siempre están disponibles en un tiempo adecuado para respaldar decisiones rápidas,<sup>(9)</sup> este estudio es importante porque establecerá una relación causa-efecto entre la exposición a una sustancia tóxica y sus efectos en el organismo, mejorando nuestra capacidad de respuesta y generando nuevos protocolos centrados en la respuesta, reconocimiento y procesamiento de estas sustancias.

## MÉTODO

Se realizó una investigación descriptiva mediante una revisión bibliográfica, utilizando enfoques descriptivos de tipo revisión sistemática. Se empleó el método PRISMA para minimizar el sesgo y obtener resultados confiables y cuantificables en la optimización de la respuesta en emergencias mediante la integración estratégica de la toxicología forense en los protocolos de laboratorio clínico. La utilización del método prisma se debió a que este nos permitió estructurar y estandarizar este estudio, así mismo nos permitió minimizar el sesgo reduciendo la selección y la evaluación de los estudios evaluados en este estudio, por último, se resalta que el uso de este método es aceptado en la comunidad científica, como guía estándar en la realización de las revisiones sistemáticas, mejorando así la calidad del estudio realizado.

Se incluyeron artículos científicos en español, inglés y portugués, publicados desde enero de 2014 hasta junio de 2024. La búsqueda se realizó usando palabras clave como “toxicología forense”, “protocolos de laboratorio clínico” y “protocolos de emergencia”, utilizando los operadores booleanos AND y OR. La información se obtuvo a través de Google Académico como fuente primaria y PubMed como fuente secundaria, excluyendo artículos no disponibles en texto completo o que no fueran de acceso libre.

Se representa el proceso de búsqueda y la selección de documentos, a través de una búsqueda bibliográfica y de una revisión sistemática, donde inicialmente se identificaron un total de 1 226 registros. Por su parte se excluyeron 560 registros que no cumplían con los criterios de elegibilidad y 4 registros duplicados. Se evaluó 63 textos completos, de los cuales se excluyeron 30 documentos que no se ajustaban a la metodología establecida. Así mismo se eliminaron 7 estudios que no se encontraban relacionados al estudio. Dándonos como resultado final el uso de 26 estudios. (figura 1)

## DESARROLLO

### Pre análisis

Las solicitudes de análisis deben incluir las siguientes directrices: institución solicitante, antecedentes del caso, nombres y apellidos del paciente, edad, peso, fecha y hora de la muestra recolectada. Si el paciente está lúcido, se le preguntará sobre su consumo reciente de drogas o medicamentos, ya que esta información es esencial para interpretar los resultados de las pruebas toxicológicas.<sup>(8)</sup>

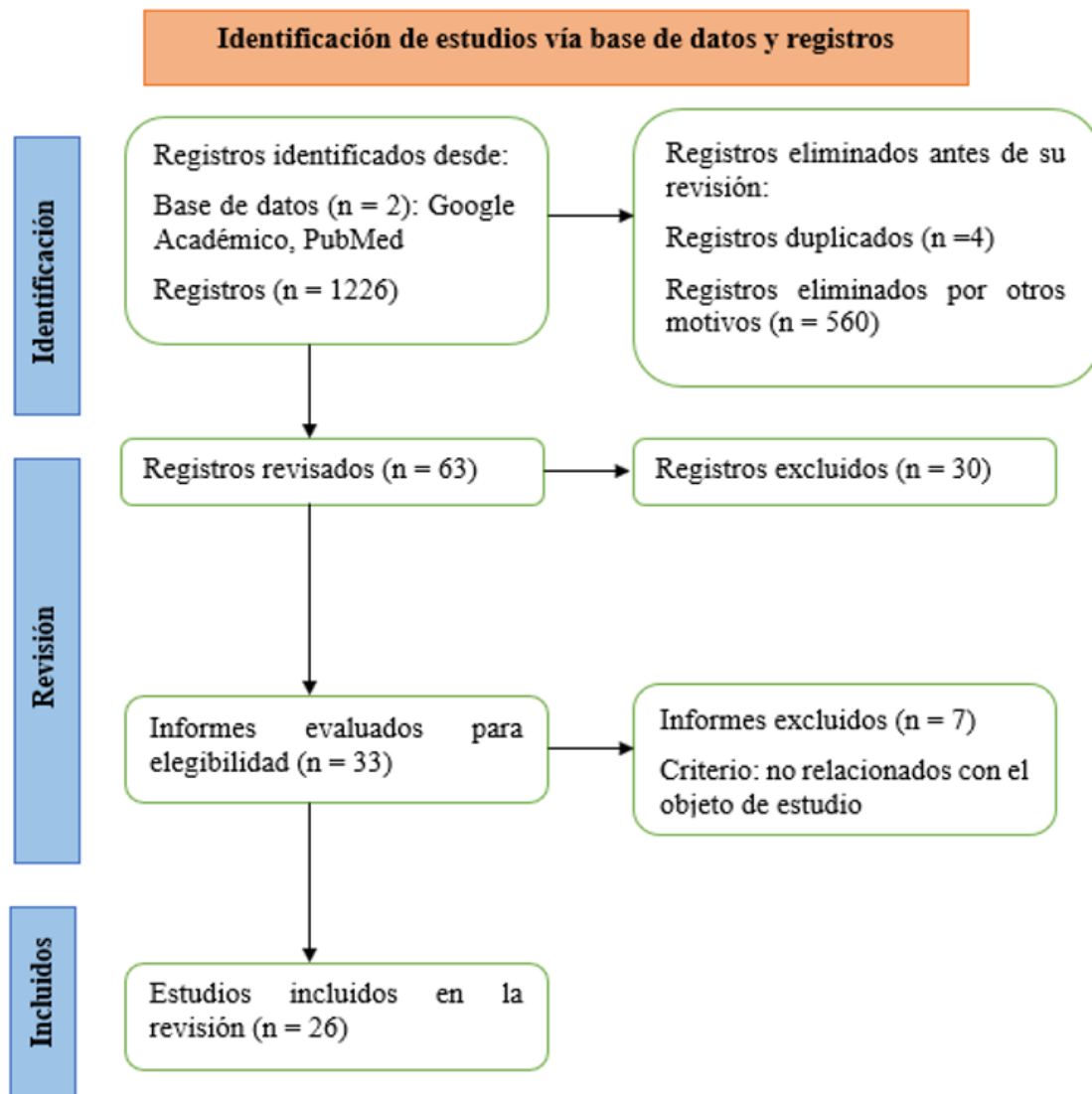


Figura 1. Diagrama Prisma para revisión bibliográfica

### Recolección y Análisis de Muestras

Todo paciente que ingrese por emergencias puede estar envuelto en algún caso médico legal, por esto un protocolo institucional debe estar correctamente establecido, el personal que tome la muestra deberá estar encargado de la rotulación, así mismo este en todo momento conservará y transportará la muestra hacia el laboratorio, teniendo en cuenta que la toma de muestra deberá estar supervisada en todo momento, con la finalidad de que esta no se vea alterada o sustituida, cumpliendo así los estándares y protocolos establecidos.

<sup>(8)</sup> Las muestras biológicas se recolectan siguiendo estrictos protocolos de bioseguridad, que incluyen el uso de equipo de protección personal como batas, mascarillas y guantes para evitar la contaminación y proteger al personal de salud. Por supuesto todas las muestras biológicas deberán ser resguardadas en congelamiento a una temperatura variante entre los 2 y 8 °C antes de la realización de los análisis correspondientes.<sup>(10,24)</sup> Las muestras más comunes en la recolección y análisis incluyen sangre, orina, contenido gástrico, leche materna, fluido oral, rectal y vaginal y por último cabello.<sup>(11,12)</sup>

### Procedimientos de Recolección

#### Sangre

Volumen de la muestra recolectada varía entre los 10 y 20 ml. Recolección en tubos plásticos con y sin conservantes. Almacenamiento antes de la realización de los exámenes a una temperatura entre los 2 y 8 °C. Conservación de 2 años después de la realización de los exámenes a una temperatura que varía entre los -15 y -20 °C. Útil para inferir los valores de la sustancia, desde el momento de la recolección de la muestra.<sup>(11,12,24)</sup>

#### Orina

Volumen de la muestra recolectada es de 30 ml. Recolección en un recipiente plástico sin conservantes.

Almacenamiento antes de la realización de los exámenes a una temperatura entre los 2 y 8 °C. Conservación de 2 años después de la realización de los exámenes a una temperatura que varía entre los -15 y -20 °C. Útil para reconocer el origen de la intoxicación.<sup>(11,12,24)</sup>

#### *Contenido gástrico*

Volumen de la muestra recolectada es de 30 ml. Recolección en un recipiente plástico sin conservantes. Almacenamiento antes de la realización de los exámenes a una temperatura entre los 2 y 8 °C. Conservación de 2 años después de la realización de los exámenes a una temperatura que varía entre los -15 y -20 °C. Útil para detectar la concentración de xenobióticos básicos.<sup>(11,12,24)</sup>

#### *Leche materna*

Volumen de la muestra recolectada es de 30 ml. Recolección en un recipiente plástico sin conservantes. Almacenamiento antes de la realización de los exámenes a una temperatura entre los 2 y 8 °C. Conservación de 2 años después de la realización de los exámenes a una temperatura que varía entre los -15 y -20 °C. Útil para valorar si el bebé se ha expuesto a fármacos.<sup>(11,12,24)</sup>

#### *Fluido oral, rectal y vaginal*

Volumen de la muestra recolectada varía entre los 1 y 2 ml. Recolección en un recipiente plástico con conservantes. Almacenamiento antes de la realización de los exámenes a una temperatura entre los 2 y 8 °C. Conservación de 2 años después de la realización de los exámenes a una temperatura que varía entre los -15 y -20 °C. Útil en casos de agresión sexual.<sup>(11,12,24)</sup>

#### *Cabello*

Volumen de la muestra recolectada varía entre los 150 y 200 cabellos. Recolección en un trozo de papel aluminio. Almacenamiento a temperatura ambiente. Útil para determinar metales pesados.<sup>(11,12)</sup> En la recepción de las muestras biológicas debemos constatar que la información este correctamente, En primer lugar verificaremos el estado de las muestras y si su rotulación se encuentra correctamente, luego se verificará el volumen de la muestra y se observará si existe concordancia entre la rotulación, la solicitud de análisis y la cadena de custodia, por último se le asignará un número de control a la muestra y a su documentación, registrando los datos obtenidos en sistema digital del laboratorio.<sup>(24)</sup>

#### **Análisis**

Los análisis toxicológicos se llevan a cabo principalmente utilizando técnicas como cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) y cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS), que permiten la identificación y cuantificación precisa de los compuestos presentes en las muestras.<sup>(19,20,21,22)</sup>

#### **Cromatografía de gases acoplada a un espectro de masas (GC-MS)**

Es la combinación de dos diferentes técnicas, las cuales inician separando efectivamente a los componentes de una muestra y a su vez se identifica claramente a cada componente de su estructura molecular, resaltando que su uso para detección de drogas de abuso es impráctico, pero brilla al centrarse en la resolución y a la capacidad de separación durante el análisis de medicamentos.<sup>(19, 20)</sup>

#### **Cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS)**

Encargada de la identificación de drogas, a través de la separación de los componentes móviles y estacionarios, dando lugar a un análisis de gran escala, esto quiere decir que la separación de una muestra líquida se hace pasar a través de una fase estacionaria a una alta presión.<sup>(21,22)</sup>

Así mismo se pueden llevar a cabo otras técnicas como inmunoensayos, inmunocromatografías y espectrofotometrías de masa (MS), que suelen ser más rápidas y económicas, permitiéndonos responder en casos de emergencia.<sup>(1,14,15,16,17,18)</sup>

#### **Inmunoensayos**

Estos suelen ser métodos económicos y su uso es fácil y seguro debido a que evitan el manejo de químicos, se encargan de cuantificar moléculas de interés dependiendo su especificidad y la selectividad de los reactivos y de los anticuerpos generados.<sup>(1,14)</sup>

#### **Inmunocromatografía**

Esta técnica usa los análisis cuantitativos migrando una muestra a través de una membrana de nitrocelulosa, todo esto se fundamenta con la formación de un complejo anticuerpo-antígeno, originando así una reacción

donde el anticuerpo se va a enlazar a un antígeno y de esta manera facilita que las otras células de sistema inmunitario logren identificar e inhibir.<sup>(15,16)</sup>

### Espectrofotometría de masas

Se destaca por su sensibilidad, detección, rapidez y diversidad, al poder combinarse con la cromatografía produciendo una mejor secuenciación de proteínas, a ser una técnica cuantitativa la cual se va a encargar de determinar la relación entre masa y carga.<sup>(17,18)</sup>

### Parámetros de Calidad

Para asegurar la calidad de los resultados obtenidos, se evalúan los siguientes parámetros:

#### Selectividad

Capacidad del método para identificar y cuantificar analitos específicos en presencia de otros componentes.<sup>(25)</sup>

#### Linealidad y Rango

Capacidad del método para proporcionar resultados proporcionales a la concentración de analitos en la muestra. Evaluado mediante el análisis de 5 niveles de concentración analizados por triplicado.<sup>(25)</sup>

#### Precisión

Grado de concordancia entre resultados obtenidos de la misma manera en diferentes condiciones. Se acepta una variabilidad del 5 %.<sup>(25)</sup>

#### Exactitud

Grado de proximidad entre el valor obtenido y el valor verdadero del analito.<sup>(25)</sup>

#### Límite de Detección (LOD) y Límite de Cuantificación (LOQ)

La menor cantidad de analito que puede ser detectada y cuantificada con precisión.<sup>(25)</sup>

### Normativas y Protocolos

El avance de la toxicología forense ha provocado que se desarrolle directrices de muy alta calidad para venenos y fármacos de los especímenes biológicos, provocando que se implementen factores que ayudarán a mejorar las practicas toxicológicas en el laboratorio.<sup>(13)</sup>

La implementación de normas como la UNE.EN ISO/IEC 17025:2005 e ILAC19:2002 es fundamental para asegurar la competencia técnica y la validez de los resultados analíticos en los laboratorios toxicológicos. Estas normativas establecen requisitos para la competencia técnica, la imparcialidad y la consistencia en las operaciones del laboratorio.<sup>(26)</sup>

### Post análisis

Los resultados deberán ser notificados enseñando cual es el método que se usó para analizar la muestra, y en esta se colocará si fue positivo o si fue negativo, así mismo se deberá indicar si existe rastros de otras sustancias y si estas superan la capacidad de detección del límite de cuantificación del análisis usado y dicha cantidad es la siguiente.<sup>(23)</sup>

Tabla 1. Sustancias Tóxicas

Nombre de la prueba	Vida media de la sustancia	Valor de referencia	Método analítico
Etanol	De 0 a 4 horas después de la ingestión	Positivo a partir de 21 mg/dl	Método RIA, IA, reacciones de óxido reducción del NAD con medición espectrofotométrica
Etilen glicol	De 30 minutos a 3 horas	0,2 g/L son tóxicas y superiores a 2 g/L es mortal	Cromatografía de gases Cromatografía de gases
Cristales de oxalato de calcio	De 0 a 4 horas después de la ingestión	Concentración por campo	Análisis del sedimento urinario
Metanol	De 0 a 8 horas después de la ingestión	Toxico a partir de 5 ug/dl a 20 ug/dl mayor a 20 es mortal	Espectrotométrico cuantitativo por UV-VIS
Formaldehído	De 4 a 8 horas	No detectable o negativo	Espectrofotométrico UV-VIS

Ácido fórmico	De 8 a 36 horas	No detectable	Espectrofotométrico UV-VIS
Diclorometano	De 0 a 2 días después de exponerse	Normal hasta el 2 %	Carboxihemoglobina
Nitrito de amilo	De 0 a 4 horas después de exponerse	De 0 a 200 mg/l	Metahemoglobina en sangre Colorimétrico en orina
Cocaína y metabolitos	De 1 a 3 días en consumidores agudos De 1 a 8 días en consumidores crónicos	Positivo a partir de los 300 ng/ml	Inmunoensayo Cromatografía de gases masas
Marihuana y metabolitos	De 1 a 3 días en consumidores agudos De 1 a 8 días en consumidores crónicos	Positivo a partir de los 50 ng/ml	Inmunoensayo Cromatografía de gases masas
Opiáceos	De 1 a 3 días en consumidores agudos De 1 a 8 días en consumidores crónicos	Positivo a partir de los 1000 ng/ml	Inmunoensayo Cromatografía de gases masas
Cianuro		Mayor a 1 mg/L suele ser mortal	Ensayo de Magnin o formación del azul de Prusia
Metahemoglobinizantes		Normal de 0 a 3 %	Espectrofotométrico UV-VIS
Carboxihemoglobina		Normal hasta el 2 %	Espectrofotométrico UV-VIS
Piretrinas y piretroides		Positivo cuando es mayor a 5 mg/L	Presencia de ácido crisantémico o de sus derivados en la orina
Paraquat		No se admite niveles en el organismo por su mortalidad	Cuantificación por Espectrofotometría UV-VIS
Organofosforados		Normal desde 91 a 164 Ud de delta pH/hora	Cromatografía de gases
Carbamatos		Normal desde 91 a 164 Ud de delta pH/hora	Cromatografía de gases
Benzodiazepinas	Desde las 3,5 horas hasta 90 horas	Positivo a partir de los 200 ng/ml	Cromatografía de capa fina TLC Inmunoensayo
Fenotiazinas	Hasta las 36 horas	No debe encontrarse en personas sanas	Cromatografía de capa fina Cromatografía de líquidos
Escopolamina	Hasta las 8 horas	No debe encontrarse en personas sanas	Cromatografía de capa fina
Antidepresivos		Mayor de 100 ng/ml es toxico	
Acetaminofén	Hasta las 4 horas	Mayor a 100 ug/ml es toxico	Inmunoensayo
Salicilatos	Hasta las 4 horas	Mayor a 100 ug/ml es toxico	Inmunoensayo

El seguimiento del paciente se seguirá bajo petición de la autoridad judicial implicada en el caso, así mismo se limitará el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, pero de ser necesario los protocolos abarcarán un seguimiento por parte del médico forense que trabajará a la par con el psicólogo y trabajador social implicados en el caso, así mismo el paciente deberá ayudar con la información de los resultados obtenidos del laboratorio, como pueden ser los exámenes de transmisión sexual, todo esto se realizará con la finalidad de obtener un informe actual y preciso de la sanidad del paciente.<sup>(10)</sup>

## RESULTADOS

El presente estudio se centra en sintetizar y analizar los hallazgos encontrados en la literatura científica reciente, sobre la toxicología forense y su integración en los protocolos de laboratorio clínico, el mundo se ha vuelto un lugar sencillo en el que conseguir sustancias psicoactivas es muy fácil, lo que ha desencadenado que su uso se vea involucrado en casos médico-legales y que también exista un aumento del consumo individual de las personas, por lo que es indispensable el actualizar los estudios y de esta manera conocer la realidad de nuestra sociedad. Creando así protocolos adecuados que nos ayudaran a responder en los casos médico-legales del área de emergencia.

Tabla 2. Resultados bibliográficos de la investigación

Autor	Año	Diseño de investigación	Metodología	Resultados
Oliveira D, et al.	2023		Revisión Bibliográfica Sistemática	Se demuestra que los métodos y procesos usados para las identificaciones de abuso de drogas ante-mortem, post-mortem, accidentes de tránsito, ambiente laboral, como otros, demuestran la importancia de los métodos empleados y las muestras que podemos usar en cada caso, siendo las más utilizadas los inmunoensayos, cromatografía líquida y cromatografía de gases.
Roa-Castellano R	2017	Descriptiva	Observacional de corte transversal	Lo que se ha encargado de moldear el cambio climático con las especies que actúan como cofactores dando resultados de acción sobre las dinámicas gaseosas.
Mateos A, Castillo L, Bravo M	2022			Las nuevas sustancias psicoactivas son la prevalencia en el mercado de uso, representando un riesgo significativo para la salud.
Orozco K, Fajardo F	2023	Documental	Retrospectivo y Descriptivo fundamentado	El análisis de los estudios demostró la utilidad de los inmunoensayos en la detección de las drogas de abuso para la toxicología clínica y forense.
Galicia M, Alonso R, Nogué S	2014			
Ríos A, Guerrero H	2022	Observacional Transversal	Deductivo	La prevalencia de consumo de las drogas ilícitas es de 32 % y que los factores de riesgo para el consumo de estas fueron el ser varón, antecedentes de consumo de medicamentos en la familia, la deserción escolar y la utilización de bebidas por los jóvenes adultos.
Gonzáles R, Molina W	2023	Descriptivo	Documental de carácter transversal	La sintomatología de las víctimas y de las sustancias psicotrópicas usadas en los delitos, determina que existe una relación entre la letalidad de las víctimas y de las sustancias usadas por los delincuentes.
Martínez A, et al.	2017			
Arias L, Peláez D, Méndez G	2021			Se dificulta dar un diagnóstico preciso debido a que las medidas para garantizar la vida del paciente deben ser tomadas de manera precisa.
Vega V, Escayola N	2021			
Dinis R, Vieria D, Magalhaes T	2016			La interpretación de los resultados toxicológicos deben ser una colaboración entre los peritos forenses y los toxicólogos forenses, así mismo la interpretación dependerá de cada caso puesto que cada caso es único.
Barajas H, García C, Salas V	2020			Que los exámenes toxicológicos aumentarán continuamente y así superará la capacidad de respuesta de cada país, por lo que se deberá buscar el cómo incrementar a los profesionales en este campo
Chan W, et al.	2020			
Rotemberg E, Picapiedra A, Kreiner M	2022		Narrativa	Los resultados obtenidos mediante cualquier técnica deberán ser confirmados con un segundo análisis que se encuentre basado en diferentes principios ya sea químico o físico.
Castaneda Maldonado R	J, 2022	Documental	Bibliográfica	La técnica de antígeno prostático específico posee ventajas si las comparamos con otras técnicas que son capaces de identificar semen, puesto que esta es de bajo costo fundamentándose en la inmunocromatografía.
Vaca L, Parco E	2016	Descriptiva	Investigación de campo no experimental	Se comprobó que los análisis de la investigación fueron iguales si comparamos los resultados de hace cinco años con los actuales, determinando así que la sangre puede ser analizada varios años después, obteniendo un mismo resultado lo que comprueba que existe una inalterabilidad de esta.
Gonzáles L, et al.	2021			Los resultados arrojados mediante espectrofotometría de masas detectaron las subunidades características de la ficocianina teniendo pesos de 17kDa y 18kDa.
Mbughuni M, Jannetto P, Langman L	2016			

Reyes L, et al.	2023			El desarrollo y validación a través del método full scan para la determinación de alcoholemia por cromatografía de gases con detección de espectrofotometría de masas simple cuádruplo de rango ha demostrado ser selectivo, sensible, lineal, preciso, exacto y robusto en los casos forenses cometidos bajo los efectos del etanol.
Mogollón N, et al.	2018			Las técnicas preferidas para identificar los fármacos mediante la detección es la cromatografía y la espectrofotometría la cual se ha vuelto la más usada en el análisis toxicológico forense, puesto que estas nos permiten detectar con precisión, exactitud y sensibilidad.
Santos C, et al.	2021	Descriptiva	Sistemática	Las técnicas de investigación revisadas describieron la importancia que tiene el esclarecimiento criminal, así mismo la utilización de la química forense y se resalta la importancia que tienen en el ámbito social y judicial.
García H, Melo G, Hermida A	2016			Se determinó que no es confiable determinar la cocaína en el humor vítreo, sin embargo, esta matriz ha demostrado ser confiable en la detección de consumo crónico.
Argomedo F Brito A	2019 2018	Documental	Bibliográfica	Los resultados de la observación de campo detallan las principales actividades a desarrollar, tanto analíticas como administrativas, son ejecutadas por el personal experto, así mismo de la documentación existente, de la estructura organizacional del laboratorio y de las necesidades que se presentan.
Rodríguez J	2014	Analítico	Experimental	Se uso 16 benzodiazepinas donde el método de extracción y cromatográfico identifican en base su tiempo de retención, pero solo 4 de estas mostraron curvas de acuerdo a los parámetros establecidos para la linealidad, reportando así que solo el dextromethorphan, flunitrazepam, midazolam y oxazepam mostraron resultados.
García R	2014			La exploración de los resultados es indispensable en el sistema de calidad en la toxicología forense, asegurando la validez de los resultados obtenidos y de la revisión de calidad examinando la consistencia del informe con la política de la institución, comprobando así la corrección editorial

Las investigaciones analizadas en este estudio nos han demostrado que la toxicología forense es de suma importancia puesto que esta nos permitirá identificar a los agentes tóxicos usados en nuestra sociedad, resaltando que existe una necesidad en la actualización de los protocolos usados en toxicología forense y su implementación en el laboratorio clínico, puesto que la gran mayoría de los estudios analizados se centran en la información básica sobre este tema sin profundizar sobre la problemática que se ha vuelto el uso de las sustancias psicoactivas en los casos médico-legales, así mismo no profundizan sobre cuáles son las sustancias mayormente usadas ni cuales son las mejores técnicas para responder en casos de emergencia

## DISCUSIÓN

La investigación descriptiva usada mediante la metodología de revisión bibliográfica nos demostró la importancia que tiene la toxicología forense, por lo que podemos deducir que su integración en los protocolos de laboratorio clínico es fundamental debido a que esta nos permitirá mejorar la capacidad de respuesta de emergencia y que los profesionales implicados en casos medico legales puedan efectuar procesos precisos y veloces, ayudando así al paciente y mejorando el trabajo en equipo con los demás profesionales implicados. Los estudios analizados del tema investigado centran su investigación en temas parecidos, lo que provoca que mucha de esta información sea repetitiva, pero cabe resaltar que existen diferencias, debido a que estos estudios integran un nuevo parámetro, lo que les vuelve un estudio interesante, pero a su vez afectan a que no se dé una información concisa sobre el estudio en cuestión, provocando que estos sean realizados de una manera sencilla lo que desencadena en un poca profundización del tema. Los estudios nos demuestran el poco interés que posee la población científica en la creación de protocolos de emergencia toxicológica, dejando un vacío de la información del cómo manejar estos casos, lo que puede desencadenar en que se dé una mala detección y evaluación de las sustancias implicadas, provocando así un mal tratamiento que puede terminar



en la muerte del paciente, por ende la actualización de los estudios es fundamental debido a que de esta manera podremos incrementar la velocidad de respuesta, así como la implementación del personal del área de laboratorio clínico. Las estrategias usadas en los métodos de recolección dependerán de las normas de calidad y de las normas de bioseguridad que se implementen en la institución en cuestión, por lo que es necesario que exista un procedimiento establecido el cual el personal del laboratorio deberá seguir en toda regla, debido a que este nos permitirá recolectar las muestras necesarias, así como el volumen que se necesita para la realizar su procesamiento, demostrando que en todo el proceso realizado se deberá tener mucho cuidado, desde el pre análisis hasta su post análisis ya que de esta manera podremos obtener calidad en nuestro actuar. Los desafíos y limitaciones existentes se encuentran en la integración de la toxicología forense en los protocolos de emergencia, se debe a la falta de estudios más profundos, lo cual ha generado sesgos de información, puesto que con el pasar del tiempo se originan nuevos medicamentos, nuevas drogas y nuevas sustancias que son capaces de generar un efecto psicoactivo en nuestro organismo. Lo que genera incertidumbre en los posibles resultados obtenidos, implicando que exista un vacío el cual debe ser llenado a través de nuevas investigaciones. Lo cual implica que se deba realizar estudios más detallados sobre el tema, ampliándolo y actualizándolo constantemente y que de esta manera se logre que los laboratorios se impliquen más en estos casos, así mismo nos ayudará a conocer la realidad de nuestro entorno y cuáles son las sustancias tóxicas mayormente usadas, ya sea que estas sean legales o no. Por lo que es recomendable que se realice estudios explorativos y experimentales en instituciones públicas, puesto que en estas generalmente observaríamos más casos relacionados al tema, generando así nuevos protocolos que se adapten a nuestra situación.

## CONCLUSIÓN

La integración de la toxicología forense en los protocolos de laboratorio clínico mejora significativamente la capacidad de respuesta ante emergencias, permitiendo una identificación rápida y precisa de agentes tóxicos. Esto facilita la toma de decisiones informadas y la implementación de tratamientos adecuados en situaciones críticas. Este artículo se encuentra limitado por la falta de actualización del tema en los últimos años, lo cual ha generado sesgos de información, debido a que con el pasar de los años se originan nuevos medicamentos, drogas y sustancias que son capaces de generar un efecto psicoactivo en nuestro organismo. Generando así incertidumbre en los posibles resultados que se desea obtener, implicando que exista un vacío el cual debe ser llenado a través de nuevas investigaciones. Como resultado final es crucial la creación de nuevos protocolos que nos permitan mejorar nuestra respuesta en caso de emergencia, ya que constantemente nuevas sustancias aparecen en nuestra sociedad, esto nos ayudará a que actualicemos nuestro conocimiento y mejoremos nuestra capacidad de respuesta. Así mismo esto nos permitirá esclarecer que sustancias legales son capaces de generar los mismos efectos psicoactivos y de esta manera poder responder adecuadamente a cada caso que se presente.

## RECOMENDACIONES

1. Capacitación Continua: realizar programas de capacitación para el personal de salud y del laboratorio sobre las técnicas y protocolos más recientes en toxicología forense.
2. Actualización de Equipos: invertir en equipos modernos y de alta precisión para la realización de análisis toxicológicos.
3. Colaboración Interdisciplinaria: fomentar la colaboración entre toxicólogos, clínicos y personal de emergencia para optimizar los protocolos de respuesta.
4. Normas y Procedimientos: asegurar que los laboratorios sigan estrictamente las normas internacionales de calidad y seguridad.

## Futuras investigaciones

Se sugiere realizar estudios adicionales para explorar nuevas sustancias psicoactivas y desarrollar métodos analíticos avanzados para su detección. Además, se recomienda investigar el impacto de diferentes factores ambientales y biológicos en la toxicidad de sustancias químicas, así como la efectividad de los protocolos de emergencia en diferentes contextos clínicos y geográficos

## REFERENCIAS

1. Oliveira, Daiane Bezerra De, José Chaves de Medeiros Júnior, Marco Antônio Galeno Júnior, y Ygor Riquelme Antunes. «Toxicología Forense: O Estudo Dos Agentes Tóxicos Nas Ciências Forenses». *Brazilian Journal of Development* 9, n.o 1 (6 de enero de 2023): 1475-93. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-102>.

2. Roa-Castellanos, Ricardo Andrés. «Evidencia biogeomédica del impacto sanitario ocasionado por el cambio climático para el abordaje integrado “Una salud” dirigido a la mitigación ecotoxicológica, la biorremediación a gran escala y la actualización legislativa», 9 de enero de 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/15429>.

3. Mateos, Alejandra Quijano, Luz Alejandra Castillo Alanis, y María Elena Bravo Gómez. «Nuevas sustancias psicoactivas: un reto para la química y la toxicología forense». REVISTA DIGITAL DE CIENCIA FORENSE, 27 de abril de 2022, 60-69.
4. Orozco, Klever Mauricio Lara, y Francisco Javier Ustáriz Fajardo. «Interferentes en la detección de drogas de abuso mediante pruebas de inmunoensayo utilizadas en toxicología clínica y forense». Ciencia Digital 7, n.o 3 (5 de julio de 2023): 59-78. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2587>.
5. Galicia Paredes, Miguel Ángel, José Ramón Alonso, y Santiago Nogué Xarau. «Intoxicaciones por drogas de abuso: sustancias emergentes en el siglo XXI». Artículos publicats en revistes (Medicina), 15 de diciembre de 2014. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/109364>.
6. Alza Rios, Freddy William, y Gisella Hanco Guerrero. «Consumo de Sustancias Ilícitas en Delito de Violencia Familiar en Informes del Laboratorio de Química y Toxicología Forense de la Dirección de Criminalística de la Policía Nacional del Perú durante el Año 2020.» Repositorio institucional-WIENER, 18 de mayo de 2022. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/6740>.
7. González, Renata Doménica Ponce, y Wilson Edwin Moncayo Molina. «Incidencia del uso de sustancias ilegales y alcohol para el cometimiento de delitos en la ciudad de Riobamba, en el año 2021». AlfaPublicaciones 5, n.o 1.2 (20 de marzo de 2023): 44-58. <https://doi.org/10.33262/ap.v5i1.2.334>.
8. Serna, Luis Fernando Correa. «ALEJANDRO GAVIRIA URIBE Ministro de Salud y Protección Social», s. f. «Laboratorio de toxicología clínica. Guía para el Manejo de Emergencias Toxicológicas».
9. Arias Villalobos, Luis Fernando, Daniela Peláez Echavarría, Gloriana Méndez Solís, Luis Fernando Arias Villalobos, Daniela Peláez Echavarría, y Gloriana Méndez Solís. «Manejo agudo de la intoxicación medicamentosa». Medicina Legal de Costa Rica 38, n.o 1 (marzo de 2021): 101-18.
10. Vega, Vega, y Navarro Escayola. «Protocolo de actuación médico-forense en los delitos contra la libertad sexual: revisión y actualización». Vega 100 (2021): 1.
11. Dinis-Oliveira, Ricardo Jorge, Duarte Nuno Vieira, y Teresa Magalhães. «Guidelines for Collection of Biological Samples for Clinical and Forensic Toxicological Analysis». Forensic Sciences Research 1, n.o 1 (2016): 42-51. <https://doi.org/10.1080/20961790.2016.1271098>.
12. Barajas-Calderón, Helix Iván, Carlos Alberto García-Hinojosa, y Valeria Alejandra Salas-Cruz. «Toxicología forense». Red Internacional de Divulgación Científica Forense. Recuperado en 2 (2020). [https://www.academia.edu/download/63154883/TOXICOLOGIA\\_FORENSE20200430-75900-1sv66r7.pdf](https://www.academia.edu/download/63154883/TOXICOLOGIA_FORENSE20200430-75900-1sv66r7.pdf).
13. Chan, Wing-Sum, George Fai Wong, Chi-Wai Hung, Yau-Nga Wong, Kit-Mai Fung, Wai-Kit Lee, Kwok-Leung Dao, et al. «Interpol Review of Toxicology 2016-2019». Forensic Science International. Synergy 2 (2020): 563-607. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2020.01.018>.
14. Rotemberg, Enrique, Alicia Picapedra, y Marcelo Kreiner. «Detección de drogas en saliva: aspectos metodológicos y legales». Odontología Sanmarquina 25, n.o 1 (21 de enero de 2022): e22076-e22076. <https://doi.org/10.15381/os.v25i1.22076>.
15. Castaneda Morales, José Marvin, y Regina Beatriz Maldonado Chacón. «Utilización de la prueba antígeno prostático específico total (PSA), para la detección de semen en prendas de vestir como evidencia en delitos de agresión sexual». Other, Universidad de El Salvador, 2022. <https://ri.ues.edu.sv>.
16. Vaca Cárdenas, Luis Miguel, y Elvis Geovanny Parco Barragán. «Determinación de sangre humana en máculas producidas por asesinatos que se investigaron en el Centro Forense Tungurahua cinco años después de su primer análisis para confirmar la inalterabilidad de los resultados durante el periodo diciembre 2015 - mayo 2016.» bachelorThesis, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2016., 2016. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1995>.
17. Fosadosa, Lluvia Berenice González-, Brenda Karina González-Chávez, Aristeo Garrido-Hernández, Gabriela Carrillo-Sancen, Genaro Ivan Cerón-Montes, y Francisco Javier Martínez-Valdez. «Caracterización de

ficocianina por espectrofotometría de masas». *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* 9, n.o Especial2 (12 de diciembre de 2021): 149-56. <https://doi.org/10.29057/icbi.v9iEspecial2.7985>.

18. Mbughuni, Michael M., Paul J. Jannetto, y Loralie J. Langman. «Mass Spectrometry Applications for Toxicology». *EJIFCC* 27, n.o 4 (diciembre de 2016): 272-87.

19. Reyes, Elder M., Luis A. Inostroza, Americo J. Castro, Milagros M. Llacza, y Max H. de la Cruz. «Desarrollo y validación de un método full scan para determinar alcoholemia por cromatografía de gases con detección de espectrofotometría de masas simple cuadrupolo». *Ciencia e Investigación* 26, n.o 1 (2023): 21-30.

20. Mogollón, Noroska Gabriela Salazar, Cristian Daniel Quiroz-Moreno, Paloma Santana Prata, Jose Rafael de Almeida, Amanda Sofía Cevallos, Roldán Torres-Guérrez, y Fabio Augusto. «New Advances in Toxicological Forensic Analysis Using Mass Spectrometry Techniques». *Journal of Analytical Methods in Chemistry* 2018 (2018): 4142527. <https://doi.org/10.1155/2018/4142527>.

21. Santos, Caio Delano Couto, Carlos Henrique Barbosa Sabino, Caroline Ramos Pereira, Thauany Oliveira Queiroz, y Francisco José Mininel. «Química Forense: A Ciência e sua importância para a sociedade». *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia* 16, n.o 16 (14 de diciembre de 2021): 16-23. <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2021v16n16p16-23>.

22. García, Héctor, Guadalupe Melo-Santiesteban, y Andrés Hermida-Moreno. «Determinación toxicológica de cocaína en humor vítreo». *Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud* 1, n.o 1 (16 de julio de 2019): 36-44.

23. Argomedo Muñoz, Flor María. «CARACTERIZACION DE SUSTANCIAS DE CORTE EN DROGAS COCAINICAS DECOMISADAS POR LA POLICIA NACIONAL ANTIDROGAS DEL PERU EN LOS AÑOS 2016 Y 2017». Universidad Privada Norbert Wiener, 28 de enero de 2019. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/2898>.

24. Brito Fernández, Angelina Reneé. «Manual de procedimientos para la experticia toxicológica forense in vivo de fluidos biológicos humanos en Venezuela», 2018. <http://saber.ucv.ve/handle/10872/18921>.

25. Rodríguez Chávez, Julio César. «Estandarización y validación del método por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa (GC- MS) para el análisis de 4 benzodiazepinas y sus metabolitos en muestras biológicas de interés forense en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses», 2014. <https://hdl.handle.net/11059/4082>.

26. García-Repetto, Rosario. «Estrategias para la disminución y gestión del error humano en Toxicología Forense». *Revista de toxicología* 31, n.o 1 (2014): 31-38.

## FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Anthony Javier Yaguargos Daza, Álvaro Paul Moina Veloz.

*Curación de datos:* Anthony Javier Yaguargos Daza, Álvaro Paul Moina Veloz.

*Investigación:* Anthony Javier Yaguargos Daza, Álvaro Paul Moina Veloz.

*Metodología:* Anthony Javier Yaguargos Daza, Álvaro Paul Moina Veloz.

*Redacción - borrador original:* Anthony Javier Yaguargos Daza, Álvaro Paul Moina Veloz.

*Redacción - revisión y edición:* Anthony Javier Yaguargos Daza, Álvaro Paul Moina Veloz.