



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**IMPORTANCIA DE LA QUÍMICA,
TOXICOLOGÍA Y FARMACOLOGÍA EN EL
CAMPO FORENSE**

**T R A B A J O
M O N O G R Á F I C O
D E
A C T U A L I Z A C I Ó N
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

PRESENTA:

JUAN RODOLFO DÍAZ GONZALÉZ



MÉXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **Facultad de Química** por haberme dado todo cuanto soñé y a lo que pocos podemos aspirar. Gracias por haberme dado una educación de excelencia de la que somos pocos los afortunados en recibirla y aún menos los que la aprovechamos.

Gracias a mis sinodales, **Elia Brosla Naranjo Rodríguez** y **Francisco Hernández Luis** por haberme brindado su apoyo, dedicación y tiempo para la realización de este trabajo.

A mis asesores **Atonatiu Edmundo Gómez** y **Ruth Bustamante** por su paciencia y dedicación que tuvieron conmigo, por todos esos momentos que me hicieron que los viera como parte de mi familia. Gracias por todos los momentos agradables, por esos ratos de convivencia, por las pláticas, por todos esos momentos de alegría, dicha y felicidad que compartimos. MIL GRACIAS.

A mi familia, que desde siempre se ha sacrificado por darme lo mejor, para que yo no carezca de nada. A mis padres, que no importando su dura jornada en el trabajo siempre me dedicaban su tiempo. A mi madre, de quien recibía sus bendiciones cada mañana que salía a la escuela, y de quien yo me siento sumamente orgulloso. A mi padre, quien demostró ser mi mejor amigo, quién cada vez que me desvelaba me ofrecía sus dos manos para que yo descansara solo unas horas más, y no importando la hora a la que llegara siempre me esperaba a cenar. A mi hermana, quien me acompañaba en mis desvelos y quien nunca dejó de ofrecerme sus horas de sueño para que yo acabara y descansara. Es por ellos tres por quién continuaba un día más en la escuela, fue gracias a su sacrificio lo que hizo que yo terminara, ustedes son mi inspiración para seguir adelante. De entre todos los hijos fui el más afortunado, pero también el más ingrato.

A Cristina Herrera, de quien siempre recibía apoyo, amistad y afecto. Gracias Cris, te convertiste en uno de mis pilares, siempre estuviste cuando más te necesitaba, siempre tenías esos 5 minutos que yo necesitaba y no tengo palabras para agradecerte todo lo que hiciste por mí. Gracias por haberme abierto las puertas de tu casa y presentarme a tu familia, porque esa familia ya la considero como mía. Gracias a tu mamá^h, por que esto también es de ella. ¿Qué nos depara el destino? Yo espero que algo bueno, pero sea lo que sea siempre voy a estar a tu lado, de la misma manera en la tu has estado. TE ADORO.

También a los trabajadores del bioterio, a Señora Mercedes León que no había mañana en la que no me preparaba un café caliente, al Sr. Lázaro de quién compartía momentos agradables.

Y como olvidar a mis amigos, de quien siempre tuve un apoyo total e incondicional. A mis amigos de 1º semestre, Andrés, Karina, Mariana y Alejandra que aunque nos vemos poco, disfruto de esos pequeños, pero agradables momentos. A Erick “MASTER”, Israel “BERNY”, Rodrigo Gutierrez y Frausto, Lalo, Alfredo, Diego, Mitzy, Lilian, Priscila, Laura, Carolina, Yanina, LUIS, GABY, BERE, ANGIE de quienes siempre recibí apoyo y la palmada en la espalda que yo tanto necesitaba.

A Rodrigo Alonso, José Galván, Jonathan, Axel, Paola, Betty, Gustavo, quienes siempre me apoyaron y me extendían su mano para ayudarme. Gracias Naya, gracias por el apoyo que me diste para terminar mi tesis, por tu amistad y por todo lo que hacías para ayudarme, GRACIAS AMIGA. Gracias Karina, por darte tu tiempo para ir a verme y platicar, contigo aprendí que hay personas que a pesar de que conoces muy poco te demuestran más amistad que aquellas que conoces durante más tiempo.

Mi carrera no se definió en un día, fueron 5 años en los que todos ustedes colaboraron de una u otra forma para que superara cualquier obstáculo. Ustedes se convirtieron en esos extraños a los que yo saludaba diario y que se convirtieron en mi familia.

Esto es para ustedes.



ÍNDICE

ABREVIATURAS

INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	3
OBJETIVOS	6
1. GENERALIDADES	7
2. QUÍMICA	10
2.1 DACTILOSCOPIA	10
2.1.1 Tipos de huellas dactilares	11
2.1.2 Sistemas crestaes	12
2.1.3 Sistemas de identificación	12
2.2 BALÍSTICA.....	16
2.2.1 Cartucho	17
2.2.2 Técnicas de comprobación de residuos por disparo por arma de fuego ...	19
2.3 PELOS Y FIBRAS.....	22
2.3.1 Traumatología del pelo.....	23
2.3.2 Importancia criminalística de los pelos	27
2.3.3 Fibras	29
2.3.3.1 Clasificación de fibras	30
2.3.3.2 Colorantes	31
2.3.3.3 Estudio criminalístico	31
2.4 HEMATOLOGÍA FORENSE	33
2.4.1 Sangre	34
2.4.1.1 Composición de la sangre.....	34
2.4.1.2 Grupos sanguíneos.....	35
2.4.2 Levantamiento y recolección de la muestra.....	35
2.4.3 Identificación del grupo sanguíneo	36



2.4.3.1 Determinación del grupo sanguíneo en sangre seca	37
2.4.4 Metodología de investigación a la sangre	39
2.4.5 Técnicas confirmatorias.....	41
2.5 GENÉTICA.....	43
2.5.1 RCP	46
2.5.2 Análisis STR	47
2.5.3 Análisis de DNA mitocondrial	48
2.5.4 Análisis de cromosoma Y	49
3. FARMACOLOGÍA Y TOXICOLOGÍA.....	50
3.1 Antecedentes.....	50
3.2 Reactivos más usados en toxicología.....	54
3.3 Técnicas Analíticas.....	57
3.4. Alucinógenos	58
3.5 Estupefacientes	60
3.5.1 Opiáceos.....	60
3.5.2 Morfina	62
3.5.3 Anfetaminas y metanfetaminas	63
3.5.4 Cocaína.....	65
DISCUSIÓN.....	68
CONCLUSIONES.....	69
GLOSARIO.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	77



INTRODUCCIÓN

Actualmente, el índice de delincuencia en nuestro país y la falta de procedimientos que nos lleven a un dictamen veraz y oportuno nos da pauta para hacer hincapié de la falta de conocimientos y el descuido que se ha tenido por parte de las autoridades en el área criminalística y forense, así como remarcar la importancia de ciertas ciencias que son fundamentales y piezas clave para tal fin como son la química, la farmacología y la toxicología. Pero ¿qué es la criminalística? y ¿cuál es su fin?, bueno, la criminalística la podemos definir como el conjunto de ciencias y oficios que sirven de instrumento para estudiar y analizar, mediante la aplicación de sus conocimientos (Castellanos, 2002), los indicios recolectados en el lugar donde se cometió un hecho delictuoso, y así descubrir y verificar científicamente la existencia de un hecho presuntamente delictuoso y en los casos más favorables la identidad del criminal o criminales y las circunstancias que ocasionaron el hecho que se investiga. Por lo que existen disciplinas tales como:

- Dactiloscopia
- Balística
- Química legal
- Hematología
- Genética, etc

La criminalística fue creada por el Doctor en Derecho Hanns Gross en Austria en 1892 y traída a América Latina en 1900 en auxilio del derecho, ya que descubre la forma del hecho, sus mecanismos, instrumentos y manifestaciones, auxiliada por la medicina forense que determina las causas de muerte así como de la clasificación médico legal de las lesiones, instrumentos usados y mecanismo de producción de la lesión (Castellanos, 2002).



En todo hecho delictivo se debe realizar la investigación pericial para la búsqueda de indicios y considerar los siguientes puntos (cadena de custodia) para evitar que cuando las muestras sean procesadas en el área indicada exista falsos positivos o negativos:

- Observación
- Fijación
- Levantamiento
- Embalaje
- Cadena de Custodia
- Laboratorio Forense
- Análisis e interpretación de los resultados

Con respecto a los dos últimos puntos podemos relacionar el conocimiento de ciencias básicas como la química, farmacología y toxicología, para el entendimiento y resolución de ilícitos, ya que con respecto a la química tenemos que por ser una de las ciencias auxiliares de la criminalística nos permite a través de técnicas y procedimientos conocer, elucidar acerca de aquellos elementos o sustancias que se encontraron en el lugar de los hechos o que pudieran relacionarse con la comisión de un ilícito. Así mismo, disciplinas como la toxicología y farmacología son importantes para la comprensión de cómo actúan cierto tipo de sustancias que son usados como sustancias de abuso. Por lo que el presente trabajo pretende hacer una recopilación de técnicas y procedimientos relacionados con estas ciencias (química, farmacología y toxicología) para el análisis, clasificación preservación, cuantificación en diversas disciplinas como balística, dactiloscopia, sustancias de abuso, genética, etc.).



METODOLOGÍA

El presente trabajo se divide en dos partes, una parte es la parte de la química, en la que se abordan temas como la dactiloscopia, balística, pelos y fibras, hematología y genética. Mientras que la segunda parte se habla acerca de la farmacología y toxicología de algunas sustancias de abuso, así como también de los efectos que éstas pueden tener en el cuerpo humano.

Para la dactiloscopia, es importante saber como se van a revelar las huellas digitales, para ello se debe saber las diferentes formas que presentan las huellas digitales, ya que cada individuo tiene una huella digital única que lo diferencia de otro individuo. Es por ello que se debe de dar a conocer los diferentes tipos de huellas dactilares, así como también los sistemas cretales y como es que estas huellas son identificadas en base a un sistema que varía dependiendo de la localización geográfica. Las técnicas que se utilizan están basadas en la coloración de las huellas con ayuda de polvos que poseen cargas electrostáticas, las cuales van a ser de gran ayuda a su adherencia con la superficie en la que se encuentren, así como también de su preservación para su posterior análisis.

Cuando un arma de fuego es disparada, son desprendidos residuos producto de la ignición producido por un proyectil, el cual frecuente contiene sales de plomo, antimonio y bario, así como también óxido de magnesio, entre otros. Son los residuos de plomo, bario y antimonio los que son estudiados para comprobar si un arma fue disparada. Es por ello que se deben conocer los elementos que contienen los cartuchos y como están constituidos los mismos, para que así se puedan determinar las técnicas indicadas para la comprobación de disparo del arma de fuego.

Cuando crímenes como violaciones son cometidos, la víctima en el momento de una lucha desprende de su agresor pelos, éstos son de gran ayuda para poder obtener una muestra de ADN (ácido desoxirribonucleico) el cual está contenido en la bulba del pelo,



incluso los pelos son de gran ayuda para determinar si una persona es o no consumidora de alguna sustancia de abuso e incluso saber el tiempo en el que esta persona la o las ha consumido. Es por ello que da a conocer en el presente trabajo la importancia criminalística que tienen tanto los pelos como las fibras en la práctica forense.

En el caso de la hematología, es importante saber como está compuesta la sangre, así como también los grupos sanguíneos que la conforman. El conocer como levantar, recolectar y almacenar la muestra es de suma importancia, y a que esto hará que tengamos resultados óptimos y certeros. Las técnicas de identificación nos ayudarán a saber si las manchas que se tienen en el lugar de los hechos son o no muestras sanguíneas, ya que se pueden confundir con algunos colorantes. Estas pruebas van encaminadas a la confirmación y orientación, su grado de sensibilidad es bastante alto, por lo que se puede tener un alto grado de confianza en ellas.

La genética es sin duda una de las ramas de la ciencia en la que se ha avanzado a pasos agigantados. Gracias a los avances que se tienen en esta rama es posible hacer pruebas de paternidad, extracción de ADN en prácticamente cualquier muestra biológica, incluso de la bulba de un pelo. Esto ha hecho que se avance más en el desarrollo de las técnicas que se tienen y que éstas sean perfeccionadas, Algunas de ellas, como el análisis al cromosoma Y, son específicas para varones, debido a que solamente el hombre posee ese cromosoma. Básicamente son 4 las técnicas más usadas de las que se hablarán más adelante.

Las sustancias de abuso son ampliamente estudiadas, debido a los efectos que éstas tienen sobre el cuerpo humano. La identificación de las sustancias de abuso va a depender del tipo de sustancias de abuso que se trate, además de técnicas analíticas que hacen ver incluso la concentración que se puede tener en una muestra biológica. Es por ello que se menciona los diferentes reactivos que hacen posible su identificación así como también de las técnicas analíticas que hacen posible su cuantificación.



OBJETIVOS

- Determinar la importancia de la química, farmacología y toxicología en relación a disciplinas tales como genética, dactiloscopia, balística, etc.
- Recopilar las técnicas para el procesamiento de muestras obtenidas de la comisión de un ilícito.
- Realizar un compendio de las técnicas que se utilizan más frecuentemente en la química forense.



1. GENERALIDADES

A continuación se tratará de determinar la forma en como actúa la química, toxicología y farmacología en relación con las disciplinas como la dactiloscopia, balística, pelos y fibras, farmacología, toxicología y genética. Por lo que empezaremos por el área de química.

QUIMICA

Una de las ciencias auxiliares, como se mencionó antes, es la química. Esta ciencia es auxiliar para la dactiloscopia, balística, hematología, genética. A continuación se explica la intervención de estas disciplinas de la criminalística (Castell, 2006)

- **Dactiloscopia:** Estudiar y clasificar las huellas digitales. Mediante la preservación de las huellas con polvos que ayuden a la identificación y clasificación de las mismas. Estos polvos pueden ser negros, grises y reveladores químicos en base a yodo, nitrato de plata entre otros (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).
- **Balística:** Estudia las armas de fuego, los fenómenos en el momento del disparo, casquillos percutidos, proyectiles disparados, trayectoria de estos últimos y los efectos que producen en el objetivo del disparo. Ayuda a saber si un arma fue disparada o no, si una persona tiene indicios de haberla disparado, e identificar los productos de deflagración un disparo de arma de fuego en una prenda (Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal, 2006).
- **Hematología:** Ayuda a saber si una mancha es sangre, si es humana o de algún animal. Así como también, saber grupo sanguíneo, sexo del individuo o si era portador de alguna enfermedad infecciosa (SIDA, hepatitis, etc.). La perdida de sangre durante un crimen a menudo produce patrones de sangre. Puede proporcionar



información valiosa acerca de los hechos que se llevaron a cabo. Da el surgimiento de lo que se conoce como rastreo hemático (Franco de Ambriz, 1991).

- **Genética:** Auxiliar para obtener la huella genética de un individuo basada en el análisis de saliva, sangre, bulbo piloso, células espermáticas, etcétera. El ácido desoxirribonucleico (ADN), tanto nuclear como mitocondrial, se utiliza como herramienta serológica reveladora de la serología convencional sometible a la sangre, semen, saliva y otros fluidos corporales, para detectar la presencia de factores relativos al grupo sanguíneo ABO, Rh e indicadores de proteínas, constituyéndose como una prueba de identificación insuperable tanto en vivos como restos cadavéricos, en delitos sexuales y comprobación tanto de paternidad como de maternidad (Human Genome, 2006).
- **Química legal:** Comprende el estudio de la materia relacionada con probables actos delictivos. Realiza:
 - Análisis toxicológicos (identificación de drogas y venenos).
 - Análisis químicos especiales (identificación de elementos o compuestos tóxicos o no).
 - Análisis bioquímicos: determina la naturaleza biológica o bioquímica (Academia Mexicana de Ciencia Periciales, 2003).

FARMACOLOGÍA Y TOXICOLOGÍA

En el caso de la farmacología y toxicología es necesario saber como actúa un fármaco, una droga, un medicamento. Muchas de las sustancias de abuso son en su mayoría drogas. Una droga es toda sustancia que, introducida en el organismo por cualquier vía de administración produce una alteración, de algún modo, del natural funcionamiento del sistema nervioso central del individuo y es, además, susceptible de



crear dependencia, ya sea psicológica, física o ambas (World Health Organization, 2006).

A continuación se mencionan algunas de las características que tienen estas dos ramas en el campo forense.

- **Farmacología** en el campo forense comprende el estudio de sustancias que puedan ser utilizadas como sustancias de abuso. Además se encarga del estudio del mecanismo de acción y sus consecuencias al organismo (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).
- **Toxicología:** Realiza estudios en sangre, orina, contenidos gástricos y otras sustancias con el fin de encontrar restos de sustancias de abuso como: anfetaminas, metanfetaminas, barbitúricos, benzodiazepinas, cocaína, cannabinoides, metadona, opiáceos, alcohol, venenos, insecticidas, alimentos, toxinas, o cualquier otra sustancia (Klassen, 2003).

Para remarcar la importancia de la química, farmacología y toxicología, en este trabajo se presentan técnicas que se utilizan en el área forense para el auxilio del esclarecimiento de algún ilícito cometido, esto va desde la recolección de muestra hasta su análisis.



2. QUÍMICA

Dentro del área concerniente a la química trataremos las siguientes disciplinas:

- Dactiloscopia
- Balística
- Pelos y fibras
- Hematología
- Genética

2.1 Dactiloscopia

Es el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen como propósito el estudio y la clasificación de las huellas digitales. Las huellas dactilares son una característica propia de las personas, de tal forma que es posible identificar a cada una por sus huellas dactilares (Prensa Popular, 2006).

Existen características que hacen únicas las huellas dactilares de un individuo, entre las que se encuentran (Prensa Popular, 2006):

- **Inmutabilidad.**- Los dibujos se mantienen invariables desde el sexto mes de su vida intrauterina y sólo se destruyen después de la muerte a consecuencia de la putrefacción.
- **Variedad.**- Es de tal magnitud que resulta imposible que dos seres distintos presenten idénticas particularidades.
- **Regeneración.**- Si por daño en la epidermis se alterara el dibujo irá formándose otra vez bajo su diseño anterior, pudiendo adquirir particularidades complementarias como consecuencia del percance.
- **Infalsificabilidad.**- Es imposible -hasta ahora- falsificar huellas digitales.



- **Clasificabilidad.**- En virtud de los aportes dados por quienes han desarrollado esta disciplina, existen varios métodos de clasificación de los dibujos. Cada país o región del globo tiene adoptado uno en particular, existiendo conexión entre los diversos métodos lo que permite el intercambio de información (Prensa Popular, 2006).

2.1.1 Tipos de huellas dactilares (Castellanos, 2002)

Se distinguen hasta cuatro tipos de huellas:

- Huella natural.**- El dibujo configurado en cada dedo de una persona.
- Huella artificial.**- El mismo dibujo, recogido en otra materialidad de manera voluntaria. (Ejemplo: al entintar la mano de una persona y luego apoyarla en un papel).
- Huella latente.**- Aquella dejada por una persona, de manera involuntaria, al entrar sus dedos en contacto con una superficie. Estas "huellas latentes" son las que reúnen principal interés para fines criminalísticos.
- Huella moldeada.**- Reproducción artificial de una huella, elaborada por los peritos utilizando un molde específico.

Cabe señalar que éstos últimos tienen conciencia de que la huella dactilar de la última falange de cada dedo se compone de tres regiones: marginal, basal y nuclear; y que en la unión de las dos últimas regiones puede no haber ningún delta, o haber uno, o hasta dos, según el dibujo nuclear. Así, entonces podemos reconocer y clasificar las huellas dactilares en porciones fácilmente identificables, lo que conocemos como sistemas crestaes (Castellanos, 2002).



2.1.2 Sistemas Crestales (Prensa Popular, 2006).

Llamamos sistemas crestales a la serie de pliegues que podemos visualizar en una huella dactilar sobre un papel o superficie, de acuerdo a la forma en que se agrupan podemos encontrar:

- **Pliegue Interarticular:** Agrupaciones de crestas con tendencia a la horizontalidad, de longitud variable y que se encuentran en el pliegue de flexión de la articulación distal de cada dedo
- **Sistema Basilar:** Se encuentra por arriba del pliegue interarticular, como una agrupación de crestas que se van elevando hacia arriba, limitando al sistema nuclear en su parte más baja.
- **Sistema Nuclear:** Conjunto de crestas que se encuentran delimitadas por arriba por el sistema marginal y por abajo por el sistema basilar. Presenta dibujos variados, desde el circular, ovoide, gasas, etcétera.
- **Sistema Marginal:** Conjunto de crestas distales de convexidad hacia la uña, en forma de grandes arcos y que limita en su parte más baja al sistema nuclear.

Existen sistemas de identificación empleados en diferentes países cuyo objetivo es reconocer formas básicas de la morfología dactilar, entre las que se encuentran la clasificación antes mencionada.

2.1.3 Sistemas de identificación (Prensa Popular, 2006)

Cada sistema de identificación reconoce varios dibujos nucleares:

- a. La mayoría de países de habla inglesa usa el Sistema Henry, o variaciones del mismo. El cual reconoce un amplio número de dibujos, que son: el arco simple, arco con carpa, lazo o presilla externa, espiral simple, lazo o presilla con anillo central, espiral de presilla doble, espiral accidental (Academia Mexicana de ciencias Periciales 2003).



- b. Los países de habla hispana utilizan los sistemas Vucetich u Oloriz, habiendo logrado reducir el número de dibujos mediante las siguientes equivalencias (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

SISTEMA HENRY	SISTEMA VUCETICH	SISTEMA OLORIZ
Arco simple	Arco	Adelto
Arco con carpa	Arco	Adelto
Presilla interna	Presilla interna	Dextrodelto
Presilla externa	Presilla externa	Siniestrodelto
Espiral simple	Verticillo	Bidelto
Presilla con a/cent.	Verticillo	Bidelto
Espiral de p/doble	Verticillo	Bidelto
Espiral accidental	Verticillo	Bidelto

Tabla 1. Sistemas de clasificación empleados para la identificación de huellas digitales (Citado por Prensa Popular, 2006)

En cuanto al sistema Oloriz, usado tanto en España como en ésta parte del continente aunque con ligeras modificaciones, los dibujos se codifican como siguen:



Código de Clasificación

TIPO	CARÁCTER	PULGAR	OTROS MEDIOS
Adelto (Arco)	Dibujo sin delta	a	1
Dextrodelto (Presilla interna)	delta a la derecha	i	2
Siniestrodelto (Presilla externa)	delta a la izquierda	e	3
Bidelto (verticilo)	dos deltas	v	4

Tabla 2. Código de clasificación empleado para la identificación de huellas digitales (Citado por Prensa Popular, 2006)

En algunos países el código usado para los dedos pulgares varía, como sigue: D en vez de I; S en vez de E.

No solo es importante el poder identificar sistemas o formas básicas en las huellas dactilares, se debe tener un amplio conocimiento del cómo preservarlas, en el caso de que el análisis no se pueda realizar “in situ” o se requiera de más tiempo para éste (Prensa Popular, 2006).

Ahora bien, una vez conocido a que se dedica la dactiloscopía marcaremos la importancia de la química en esta disciplina, ya que para la localización y preservación es necesario saber la composición y particularidades de las huellas, tanto como a las superficies y materias donde se encuentren impresas, existen una variada gama de polvos grises, polvos negros, reveladores químicos en base a yodo, benzoflavona, ninhidrina, nitrato de plata, polvo de aluminio, etc. El uso de cada uno de estos polvos dependerá de la naturaleza de la superficie de donde se vaya a realizar la revelación de las huellas, además de que estos polvos, a excepción de los reveladores a base de yodo, tiene la característica de ser electrostáticos, por lo que se adhieren fácilmente a las superficies, como son los polvos negros. Es importante que, revelada una huella, antes de recogerla sea fotografiada.



Esta identificación se puede llevar a cabo por varios métodos, entre los que se encuentran con yodo, con carbono activo y con polvos de talco (Rincón C., 2003).

a) Método que se basa en la sublimación con yodo (Rincón C., 2003)

Para este método se necesita yodo cristalizado, papel de filtro, un frasco de cristal, pinzas y crema de manos.

Lo primero que hay que hacer es tomar el dedo índice de la persona que se va a hacer la huella y ponerle crema de manos que se extiende por el dedo. Después, se imprime la huella en un círculo de papel de filtro, apretando fuerte en forma de rodillo y con una sola pasada.

Se introduce el círculo de papel de filtro en el bote de cristal que tiene en su interior una pequeña cantidad de yodo cristalizado. Esperamos alrededor de tres minutos para que se produzca la sublimación directa del yodo (cambio de la materia de sólido a gas). Esta sublimación es lenta ya que trabajamos a temperatura ambiente.

A continuación sacamos el papel de filtro del frasco con una pinza e identificamos a cuál de los cuatro tipos pertenece la huella presente. Ésta aparece en el papel ya que el yodo es soluble en el alcohol presente en la crema de manos y presenta el color pardo, típico de esta disolución.

b) Método que utiliza carbón activado (Evidencia Fiscal, 2006)

En este caso el material utilizado es carbón activado, cartulina blanca, un pincel o brocha pequeña y crema de manos.

La primera parte del proceso es exactamente igual al caso anterior, pero en este caso la huella se imprime sobre la cartulina blanca, sobre la que espolvoreamos el carbón



activado, de tal forma que cubra totalmente la huella. Se espera unos segundos y se elimina el carbono con el pincel. El carbón activado deja la forma de la huella por un fenómeno de adsorción. A continuación identificamos el tipo de huella.

El método que utiliza los polvos de talco es exactamente igual al anterior, pero utiliza cartulina negra y polvos de talco en lugar de carbón activado. Sus resultados son menos satisfactorios (Evidencia Fiscal, 2006).

2.2 BALÍSTICA

Para balística, la importancia radica en el uso de técnicas para el estudio de sustancias de deflagración, armas de fuego, ropas, etc., por lo que las técnicas químicas y analíticas permiten determinar la composición, sustancias encontradas características de las sustancias encontradas, etc.

La balística es una rama de la criminalística que comprende tanto el estudio de las armas de fuego como de los fenómenos o los demás elementos que constituyen la producción de un disparo, así como de la estancia, trayecto de los proyectiles disparados o casquillos y de los efectos que producen (Castellanos, 2002). La balística se divide en:

- **Balística interior:** Se ocupa de todo el estudio de los fenómenos que ocurren en el arma a partir de que la aguja percutora golpea al fulminante del cartucho con la ignición de la carga explosiva, la creación de gases y la temperatura generada, el desprendimiento consiguiente de la bala del casquillo, su recorrido por la luz del arma hasta la boca de fuego (Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal, 2006).



- **Balística exterior:** Se encarga del estudio de los fenómenos que ocurren desde la salida del proyectil por la boca del arma, los gases generados y expulsados así como de los elementos acompañantes en el cono anterior y posterior, la trayectoria y los posibles obstáculos encontrados antes de dar en el blanco seleccionado (Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal, 2006).
- **Balística de efectos:** Estudia los daños producidos en el objetivo elegido, el trayecto del proyectil a través de aquél y sus consecuencias. Esto es, desde que el proyectil impacta sobre la superficie corporal junto con los elementos acompañantes, su trayecto y la determinación de los estragos en éste y las relaciones con los disparados (Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal, 2006).

Como se mencionó, uno de los elementos de importancia en el estudio de un disparo, son los cartuchos o balas, que comprende el siguiente subcapítulo.

2.2.1 Cartucho (Academia Mexicana de ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002)

Es una pieza rígida constituida de varios elementos que al ser introducidos en la recámara del cañón y por los efectos de su disparo, se puede definir como carga explosiva, municiones que está constituida de:

- **Casco o casquillos.** Es conocido como casquete o vaina, que va a contener a todos los elementos del cartucho. Se encuentra constituido por el cuerpo, el culote o base separada o no de un surco de eyección, fulminante, cuello y borde. Son elaborados de latón (70% cobre, 30 % zinc), acero, aluminio o plástico (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).



- **Fulminante o detonador.** Carga fulminante o estopín que contiene en su interior el explosivo que da el oxígeno y la chispa para la ignición de la carga e ignición que da la carga explosiva para el desalojo de la bala a través de la luz de arma. Los fulminantes son aquellos que producen flama y onda explosiva, sirven para iniciar la reacción de explosivos del tipo detonante y del tipo deflagrante, son muy sensibles a los golpes e higroscópicos. Los primeros fulminantes estaban hechos de clorato de potasio, fulminato de mercurio y/o nitrato de potasio (Castellanos, 2002).

Actualmente la composición química de los fulminantes es la siguiente (Academia Mexicana de Ciencia Periciales, 2003. Castellanos, 2002):

- Ácido nítrico (95 % de pureza)
 - Goma Arábica
 - Nitrato de Bario
 - Nitrato de Plomo
 - Nitrato de Sodio
 - Óxido de Magnesio
 - Sulfuro de Antimonio
 - Ácido sulfúrico
 - Polvo de Aluminio (Academia de Mexicana de Ciencias Periciales, 2003)
- **Carga.** Está fundamentalmente compuesta por pólvora que al estar en contacto con la parte abierta del cartucho, recibe directamente el fuego proveniente del fulminante. La carga detonante es el elemento de enlace inflamable con la percusión, que enciende a la carga propulsora que a su vez produce la expulsión violenta de la bala por parte de los gases propulsores generadores (Castellanos, 2002).



La composición de los cartuchos adquiere importancia en una investigación legal en búsqueda de un posible responsable del disparo, para lo cual las técnicas de identificación de estos materiales han evolucionado.

2.2.2 Técnicas de comprobación de residuos por disparo por arma de fuego

Las pruebas de identificación se hacen para Plomo, Bario y Antimonio en las manos del presunto responsable por disparo de arma de fuego. En el momento en el que se efectúa un disparo con arma de fuego, se producen dos conos de deflagración de la pólvora, el primer cono o el posterior será el responsable de macular la mano o manos de la persona que dispara y de la persona que se defiende en el momento de la agresión, dejando rastros del producto de la deflagración de la pólvora, entre las cuales destacan los elementos mencionados anteriormente, es por esto que los metales utilizados en el análisis se fundamentan en la identificación y cuantificación de éstos (Academia de Ciencias Periciales, 2003, Moreno, 2003).

Una vez obtenida la muestra el siguiente paso es identificar al agresor y el arma (en caso de presentarse una a las autoridades) para lo cual encontramos técnicas de identificación como son:

- **RODIZONATO DE SODIO** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002. Castells, 2006. Moreno, 2003): Esta técnica consiste en la reacción que hay con el plomo que queda rociada de vapores al ser disparada un arma de fuego. Se puede detectar al bario, pero resulta como prueba ciega para las balas de cobre o con camisa de acero.



- **TÉCNICA DE WALKER** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002. Castells, 2006. Moreno, 2003): Esta prueba tiene por objeto el identificar la presencia de nitritos en prendas de vestir, tapicerías, alfombras, cortinas, almohadas, cortinas, etc. Principalmente en telas, pieles y plásticos que son depositados alrededor del orificio producido por un proyectil de arma de fuego, siempre y cuando la distancia sea menor de 70-100 cm en una superficie cerrada, y así poder determinar la distancia relativa en que se realizó el disparo y maculo del arma, los nitritos son provenientes de los compuestos nitrogenados como es el nitrato de sodio, potasio, la nitroglicerina y la nitrocelulosa (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castells, 2006).
- **TÉCNICA DE GRIESS** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002. Castells, 2006. Moreno, 2003): Esta técnica tiene como objetivo identificar la presencia de nitritos en el ánima del cañón del arma de fuego para determinar si dicha arma fue disparada o no.
- **PRUEBA DE HARRISON-GILROY** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002. Castells, 2006. Moreno, 2003): En esta prueba se realiza la identificación del Bario, Antimonio y Plomo, mediante el barrido con una torunda, tela blanca de algodón sin apresto con solución de ácido clorhídrico que reacciona ante trifenilmetilarsonio, determinando la presencia de antimonio con benzoato de sodio en personas que dispararon un arma de fuego.
- **ESPECTROSCOPIA POR ABSORCIÓN ATÓMICA (AAS)** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003)
- **ESPECTROSCOPIA POR ABSORCIÓN ATÓMICA A LA FLAMA (FAAS):** Identifica al bario, antimonio, plomo y vapores de cobre del casquillo en un disparador de arma de fuego.



- **ACTIVACIÓN POR NEUTRONES** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002): Mediante la activación de un reactor nuclear detecta el Bario y Antimonio que impregnan a la mano que disparó, mediante la emisión de rayos gama (Rg) que tienen perfectamente definidas sus longitudes de onda, permitiendo con ello, la identificación y cuantificación espectrofotométricas.
- **RAYOS GRENZ** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002): Los rayos X suaves permiten detectar partículas provenientes de la deflagración de la pólvora, en los casos en que el color o textura impidan su visualización simple.
- **FOTOGRAFÍA INFRARROJA** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002): Es muy útil cuando la ropa se encuentra maculada de sangre que impide la identificación de las partículas resultantes de la deflagración de la pólvora sobre la ropa.
- **MICROELECTROSCOPIA DE BARRIDO** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002): Identifica el disparador de un arma de fuego y permite mediante los rayos X (Rx) identificar las características físicas y la naturaleza química de los metales.



2.3 PELOS Y FIBRAS

Debido a las características macroscópicas entre fibras y pelos que a veces engañan a la vista humana y pueden ser vistas iguales, microscópicamente se ven las diferencias entre pelos y fibras. Además de que los pelos son productos de descamación, por lo que en el análisis a los pelos se pueden encontrar metabolitos de sustancias de abuso, además de que se pueden hacer análisis genéticos a los mismos.

El pelo es un tejido complejo, su biología y fisiología no está completamente entendida. El pelo es un anexo de la piel, originado a partir de un folículo de cuya germinación central está formada por células matrices. Estas células dan origen a diferentes capas de la cavidad del cabello, incluyendo la cutícula y la médula. En la raíz, las células están en actividad de proliferación, mientras que en la cavidad del cabello el metabolismo residual es insignificante. Los componentes más importantes del tronco del cabello son proteínas fibrosas (queratinas), melaninas y lípidos (United Nations Drug Control Programme, 2001).

Hay estructuras similares entre el cabello de diferente color, origen étnico y región del cuerpo. Los fundamentos de la composición del cabello, anatomía y fisiología han sido resumidos por Harkey (Harkey, 1993) y Cone y Joseph (Cone, 1996).

El cabello normal crece en una serie de etapas: la anagena (etapa de crecimiento), la catagena (etapa de transición) y la telogena (etapa restante). El posible largo del cabello y la densidad de la cabellera dependen de la duración de estas etapas y el promedio de crecimiento. La duración de estas etapas varía de persona a persona o incluso de la cabellera de cada persona. Los valores promedio de la fase anagena es de 4-6 años, en la fase catagena dura unas pocas semanas y la telogena de 4-6 meses, mientras que el



crecimiento del tronco del cabello se ha reportado en rangos de 0.7 a 1.5 cm por mes (United Nations Drug Control Programme, 2001).

Hay diferencias sustanciales en las tasas de crecimiento y el radio anagena/telogeno entre el tronco del cabello y el cabello de otras regiones del cuerpo que no se han investigado completamente aún. Por ejemplo, la fase telogeno del vello púbico cuenta por cerca de la mitad de su vida media.

2.3.1 Traumatología del pelo

Entre los factores que más dañan al pelo se encuentran:

a) AGENTES FÍSICOS:

- **Calor:** el pelo es altamente inflamable, quemándose rápidamente que en las puntas, la queratina da el aspecto de *racimoide de uvas* con burbujas en su interior. A 100 °C no sufre cambios, mientras que a 200 °C se expande produciendo grandes burbujas, y cuando la exposición es a mayor temperatura, se rompe, se quema y se carboniza (Castellanos, 2002).
- **Radiación:** Especialmente las de tipo ultravioleta (U.V.) e infrarrojo (I.R.), producen alteraciones en su estructura y en el color del pelo, haciéndolo rojizo. La porción más dañada es la cutícula de los pelos que se encuentran al descubierto, en los que se observan soluciones de continuidad de la capa cuticular, que dejan al descubierto la corteza. El pelo se torna quebradizo y se muestra reseco y sin brillo, en estas condiciones el pelo es menos resistente a la fricción y las lesiones causadas por ella son de mayor magnitud. (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002)



- **Fricción:**

- a) La orzuela se produce por un trauma constante y prolongado sobre el cabello por un cepillado o peinado frecuente que da origen a fracturas longitudinales de un aspecto deshilachado observado como puntas blancas (Castellanos, 2002).
- b) La tricorrexia es una fractura capilar sin separación del mismo formándose y un puente de múltiples fibrillas uniendo los dos extremos que cuando desprende la porción distal, la proximal obtiene un aspecto de pincel (Castellanos, 2002).

- **Contusión:** una contusión sobre los cabellos con instrumento de superficie dura y la base ósea del cráneo produce aplastamiento de aquellos hasta la fractura con desgarramiento de sus estructuras (Academia Mexicana de Ciencias Forenses, 2003).

- **Tracción:** el cabello es resistente al arrancamiento, cuanto más en mechones, pero que al ser la fuerza tal, se produce el arrancamiento desde la raíz, observándose restos celulares del bulbo con deshilachamientos de estructuras, mientras que cuando cae espontáneamente, el bulbo se encuentra redondo, nítido y seco (Castellanos, 2002).

Cuando la fractura es a nivel del cuello capilar, ésta se observa irregular en su corte.

- **Corte:** que se puede realizar con (Castellanos, 2002):
 - Navaja: se encuentra con un corte nítido en bisel de inclinación variable.
 - Tijera o máquina: se encuentra con un corte transversal, generalmente con una muesca en el diámetro de corte.

b) AGENTES QUÍMICOS (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002):

El pelo es resistente a los agentes físicos, sin embargo algunos de éstos, pueden ser usados como marcadores:

- **Peróxido**, hidróxido de sodio y compuestos amoniacales decoloran el cabello, tornándolo delgado y frágil.



- **Tricolatos:** son productos usados como ondulantes que rompen la unión disulfuro de la queratina.
- **Ácido sulfúrico y clorhídrico:** deshidratan y queman el pelo en forma accidental u homicida.
- **Radiación:** Especialmente las de tipo U.V. e I.R., producen alteraciones en el color del pelo, haciéndolo rojizo, y en su estructura. La porción más dañada es la cutícula de los pelos que se encuentran al descubierto, en los que se observan soluciones de continuidad de la capa cuticular, que dejan al descubierto la corteza. El pelo se torna quebradizo y se muestra reseco y sin brillo, en estas condiciones el pelo es menos resistente a la fricción y las lesiones causadas por ella son de mayor magnitud.

c) **AGENTES BIOLÓGICOS** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002):

Los agentes biológicos podemos clasificarlos a su vez en cuatro categorías, que corresponden a:

- **Microbiología** (Castellanos, 2002): En el pelo podemos encontrar una gran cantidad de microorganismos tales como:
 - **Parásitos:** se encuentran adheridos al cabello sin producirle alteraciones, pero que facilita la presentación de la *tricroxixis nodosa* adquirida que se acompaña de prurito y la *Espiroqueta carateum* produce pérdida de la pigmentación capilar.
 - **Hongos:** aumentan la fragilidad del pelo por invasión, pudiendo observarse fracturas y reconocer microscópicamente el factor etiológico en estudio microscópico como suele ser la *tinea capitis*, *barbæ* y *fabus* que suelen ser excelentes marcadores del cabello ante la luz ultravioleta (lámpara de Wood).
- **Hormonales** (Castellanos, 2002): En algunas patologías el aumento o disminución de las hormonas en las cuáles alteran la estructura del cabellos, por ejemplo:



- Hipotiroidismo: se observa cabello lacio, reseco y quebradizo que puede llegar a la alopecia.
 - Hipertiroidismo: Pelo ondulado y brillante
 - Hiperestrogenismos: pérdida importante del vello púbico, axilar y del pecho
 - Hipoestrogenismo: aparición de barba y bigote.
- **Alteraciones genéticas** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002)

Entre los trastornos genéticos más comunes, podemos encontrar:

- Tricorrexia nodosa congénita: conocida como pelo en fibra de vidrio
 - Síndrome de Griselli o pelo de plata.
 - Albinismo.
- **Desnutrición y carencia** (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002): Ya sea por deficiencia o ausencia total de algún nutriente, el pelo puede presentar diferentes problemas, conocidos como:
 - Pelo Kwashiorkor: pelo de tono rojizo característico en la desnutrición tipo Kwashiorkor.
 - Pelo marasmático: pelo reseco y quebradizo característico en la desnutrición tipo marasmo.
 - Vitíligo: con presencia de decoloración de la piel y del cabello (Academia Mexicana de Ciencias Forenses, 2003).

El examen de los elementos pilosos proporciona valiosa información que aunque no siempre permite una identificación personal positiva, si contribuye notablemente a la investigación y al esclarecimiento de los hechos antisociales, por lo que este examen tiene como finalidad primordial el establecer, ya sea en forma directa o por exclusión el origen



de una muestra de pelo, así como las circunstancias que mediaron en la producción del hecho, sujeto a investigación y que dejaron su huella sobre los elementos pilosos.

El cabello es utilizado mucho en la detección de diversas sustancias de abuso así como también para identificaciones de material genético. Uno de los mecanismos de la incorporación de estas sustancias de abuso a la matriz no está completamente claro. Sin embargo, el primer modelo propuesto para la explicación de este fenómeno es uno en el que las sustancias de abuso entran por difusión pasiva de la sangre al folículo durante la formación del centro del cabello, difusión de las secreciones del cuerpo (por ejemplo sudor) y contaminación externa del medio ambiente (después de la formación del centro del cabello) (Henderson, 1993).

Desde el punto de vista químico, hay tres principales factores de incorporación de las sustancias de abuso al cabello: afinidad por la melanina, lipofobicidad y basicidad. Datos científicos muestran que la melanina juega un papel muy importante en la incorporación del cabello (Ankara, 1995., Harrison, 1974., Slawson 1996).

Se ha demostrado que la lipofobicidad de las drogas es uno de los principales factores de la incorporación de las drogas al cabello. Por ejemplo, la cocaína y la 6-acetilmorfina son mejor incorporados al cabello que la benzoilecgonina y la morfina (Nakahara, 1994). También, la acetilmorfina, que no es del todo básica, es pobremente incorporada al cabello en comparación con la metamfetamina. Este factor sugiere que la basicidad es un factor importante para la incorporación de las drogas al cabello (Nakahara, 1996).

2.3.2 Importancia criminalística de los pelos (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003. Castellanos, 2002)

- **Presencia del individuo del lugar de los hechos:** la caída de pelo en forma natural, en la que no medien agentes externos que son transferidos a los objetos cercanos en forma



activa, o bien en forma pasiva, mediante la capacidad de adsorción que permite identificar color, cosméticos, medicamentos, combustibles, pesticidas, gases y humos del medio ambiente.

- **Identificación de armas, herramientas y objetos utilizados:** permite la identificación de los instrumentos lesionantes, al encontrarlos los pelos agregados a éstos.
- **Contacto entre dos o más individuos:** se observa como dato de lucha que precede a las lesiones, muerte o violación ya que la víctima se ase de la barba, cabellos o ropas del agresor o bien por el vello púbico dejado en la víctima de violación.
- **Contacto vehicular:** se pueden encontrar en los asientos, vestiduras, cajuela, parte exterior del vehículo, aditamentos exteriores, molduras, suspensión, rodada, defensa, luminarias, etcétera (Castellanos, 2002).
- **Identificación:**
 - De cadáveres desconocidos, cadáveres aplastados o irreconocibles
 - A un presunto responsable
 - Confirma la participación a un inculpado en el delito
 - Del agresor por los pelos que porte la víctima
 - De los objetos que lesionan por las fibras pilosas que retengan

Por los pelos que se encuentren en las ropas del victimario y que pertenezcan a la víctima, o viceversa (Federal Bureau of Investigation, 2006).

Identificar un pelo significa (Castellanos, 2002):

- Que no sea una fibra sintética, fibra vegetal, ni un pelo de animal.
- Que es de humano.
- De qué sexo.
- De qué región del cuerpo es.
- A quién pertenece.
- Si son naturales o postizos.



- Si se han caído espontáneamente o han sido arrancados o cortados, o quemados, o si han sido cortados recientemente, etc.
- Si han sido traumatizados.
- Datos vagos sobre la edad.

2.3.3 Fibras

La importancia de las fibras reside en el hecho de que, en el presente, todas las actividades del hombre se realizan en un medio pleno de artículos de uso diario (ropas, tapices, cortinas, alfombras, pelucas, cordones) que contienen materiales elaborados con fibras de diversa naturaleza, tipo y color.

Una buena proporción de las fibras que se encuentran sobre una prenda proceden de la propia tela constitutiva y el resto, de magnitud también significativa, proviene del medio, en especial del contacto de las prendas en el guardarropa o en las máquinas lavadoras (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

El examen sistemático de las fibras permite en muchos casos, la exclusión de un origen determinado y sólo por excepción, una fibra hace posible la identificación individual. A ello se debe que se considere fibra de interés a únicamente a aquella que posea suficiente individualidad para que su posible origen sea rastreado.

A causa de la producción en serie fibras, telas y prendas de vestir, solamente es posible llegar a establecer como probable el origen de una fibra, en la mayoría de las ocasiones. Otro limitante radica en que no existen métodos para diferenciar fibras artificiales de un mismo tipo elaboradas por diferentes fabricantes.



2.3.3.1 Clasificación de las fibras

Las fibras que el hombre emplea para la elaboración de objetos tejidos, son de muy diversa naturaleza y su patrón de consumo ha cambiado con la época, pero se pueden clasificar de la siguiente forma:

a) Fibras naturales (Castellanos, 2003): Aquellas que se encuentran en la naturaleza como tales y el hombre sólo las adecua para su utilización.

- **Animal:** provienen del pelo que tiene una longitud limitada y productos de secreción glandular como la seda.
- **Vegetal:** procede de pelos vegetales de las semillas, fibras del tallo, hojas, raíces y frutos.
- **Mineral:** en esta categoría está el asbesto y metálicos que por lo general no son usados en combinación con otras categorías.

b) Fibras artificiales (Castellanos, 2003): Comprenden todas aquellas hechas por el hombre.

- **Sintéticas:** son polímeros formados por macromoléculas o por policondensación que no se encuentran en la naturaleza.
 1. Derivadas del etileno: Vinilos-Sarán, vectra, vinyon, acetonitrilos, acrílicas, modacrílicas.
 2. Olefinas (derivados del polipropileno): Herculon, merkalon.
 3. Poliamidas: Nylon, rilsan, cantrece, celón.
 4. Poliésteres: Dacrón, terlenka, tergal, fortel.
 5. Polimetánicas: Spandex, licra, vyrene.
- **Semisintéticas:** son fibras alginicias y de celulosa regeneradas y modificadas químicamente.
 1. **Inorgánicas:** Vidrio, cerámica, vegetal.



2. **Regeneradas.** Para las que se emplean fundamentalmente proteínas de origen vegetal o animal.
 - I. Derivadas de celulosa: Rayones, Esteres, otras.
 - II. Derivadas de caseína: Fibrolane y lanital.
 - III. Derivadas de prolamina: Maíz (viscara).
3. **Misceláneas:** Hule, alginato (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

2.3.3.2 Colorantes (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2002. Castellanos, 2003)

Los podemos agrupar de acuerdo a su naturaleza y al tipo de material que tiñen:

- **Rayón-acetato:** para teñir acetato de celulosa y fibras similares, por ejemplo: colorantes azo- simples insolubles y antraquinona insolubles.
- **Tipo ácido:** colorea fibras animales en soluciones aciduladas mediante las asociadas a las proteínas anfóteras de dichas fibras.
- **Azoicos:** comprende a los azo insolubles que se forman dentro y sobre la fibra.
- **Básicos:** se usan mediante un mordente tanino.
- **Tipo mordente o cromo:** se usa mordente cromo, aluminio o hierro que aumenta su firmeza ante la luz y el lavado (Castellanos, 2002).

2.3.3.3 Estudio criminalístico (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2002. Castellanos, 2003)

- **Examen microscópico de la longitud y corte transversal:** superficie externa, disposición celular por capa, diámetro, índice y características medulares, accesorios a la fibra.
- **Densidad específica;** por medio de flotación o mediante el uso de un picnómetro.
- **pH;** determinación del potencial hidrógeno mediante potenciómetro o papel indicador universal.



- **Solubilidad;** ensayo de solubilidad e imbibición para separar y determinar a las fibras por grupo en tejidos simples o mezclas.
- **Colorimetría;** mide el color con diferentes reactivos y pruebas.
- **Punto de fusión;** solo se realiza cuando hay abundancia de material y se cuenta con testigos, ya que se pierde la muestra.
- **Pirolisis;** prueba destructiva que sigue los parámetros del punto de fusión.
- **Índice de refracción;** alteración que sufre la luz polarizada al atravesar el arreglo molecular de la fibra

No existe un esquema general de identificación para fibras aplicable a todos los casos, esto depende de acuerdo a las necesidades y los medios que se disponga, y este puede dividirse en:

A) Fase Preliminar tendiente a discriminar entre fibras naturales y artificiales; para lo cual, el estudio al microscopio y las pruebas de solubilidad son los medios más convenientes (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2002. Castellanos, 2003).

B) Fase de confirmación cuyo fin es la determinación de la confirmación química, mediante el estudio de las propiedades fisicoquímicas de la muestra. Las técnicas a emplear en esta fase comprenden (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2002. Castellanos, 2003):

- Reacciones de coloración,
- Determinación del punto de fusión,
- Índice de refracción, espectrofotometría de infrarrojo
- Cromatografía gas-líquido

Las técnicas más útiles son la microscopía, la espectrofotometría y la cromatografía gas-líquido. La primera no obstante de ser más específica, consume mucho tiempo y requiere gran experiencia, así como un muestrario de comparación. Las dos restantes son



más rápidas, algo menos específicas y precisan de instrumental caro, pero son aplicables aun en muestras parcialmente quemadas y en aquellas que han sufrido ataque químico (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

Una escasa cantidad de material disponible sólo permitirá determinar la clase genérica a la que pertenece la fibra; en cambio, una muestra abundante hace posible la delimitación de subclase.

Dos fibras de la misma naturaleza pero elaboradas por diferentes fabricantes, tienen idéntica composición química y propiedades físicas semejantes; por lo tanto, en la práctica no es posible diferenciarlas.

2.4 HEMATOLOGÍA FORENSE

La pérdida de sangre durante un crimen a menudo produce patrones de sangre que pueden proporcionar información valiosa acerca de los hechos que se llevaron a cabo, por tal necesidad se da el surgimiento de lo que se conoce como rastreo hemático (Franco de Ambriz, 1991).

El objetivo de estudiar los patrones de manchas de sangre con respecto al tamaño, figura, cantidad, distribución, ubicación y el ángulo de impacto sobre la superficie en la que se encuentra la mancha nos proporciona un panorama valioso de los hechos que se investigan (Academia de Ciencias Periciales, 2003).



En la investigación de manchas de sangre se deben de cumplir con los siguientes objetivos:

- Si la mancha es o no un resto de sangre
- Su origen
- Grupo sanguíneo al que corresponde
- ¿A qué persona pertenece?
- Diferenciarla si es de otra especie

2.4.1 Sangre

La sangre es un tejido líquido que circula a través del cuerpo y es encargado de transportar oxígeno a todo el organismo y de recoger el bióxido de carbono de los tejidos y eliminarlos por medio de los pulmones (Academia de Ciencias Periciales, 2003).

2.4.1.1 Composición de la sangre

La sangre se divide en:

- Paquete celular
 - Eritrocitos (4.5-5 millones/ml)
 - Leucocitos (5-10 mil/ml)
- Plaquetas
- Plasma (fracción líquida)
 - Enzimas
 - Azúcares
 - Lípidos
 - Minerales
 - Metabolitos



2.4.1.2 Grupos sanguíneos

La membrana celular de los eritrocitos está constituida por un mosaico antigénico que se usa para la identificación de grupos sanguíneos, los cuales son los siguientes:

- Grupo sanguíneo “O”. Membrana constituida por N-Acetilgalactosamina-O-Galactosa,-N-Acetilglucosamina-O-Galactosa.
- Grupo sanguíneo “A”. Membrana de N-Acetilgalactosamina-O-Galactosa-N-Acetilglucosamina-O-Galactosa-fucosa-N-Acetilgalactosamina.
- Grupo sanguíneo “B”. Membrana de N-Acetilgalactosamina,-O-Galactosa,-N-Acetilglucosamina-O-Galactosa,-Fucosa,-O-Galactosa.

2.4.2 Levantamiento y recolección de las muestras (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2002. Franco de Ambriz, 1991)

El levantamiento dependerá del estado físico de la sangre, así como del tamaño de la misma.

- **Lago hemático:** se recolectará con ayuda de una pipeta Pasteur y se deposita en un tubo de ensaye estéril con 1 ml de solución salina por cada 5 ml de la sangre. Si no se cuenta con pipeta, se debe de usar un fragmento de tela limpia y libre de tejidos y de detergentes. Se coloca en el lago hemático y se deja que impregne la tela. Esta tela impregnada con la sangre líquida, se embala agregando unas gotas de solución salina isotónica, este procedimiento se realiza para que la muestra de sangre se seque (Franco de Ambriz, 1991).
- **Sangre seca:** Si las manchas se encuentran presentes en tapicería, sábanas, prendas de vestir y alfombras o tapetes, se recomienda cortar donde se localice la mancha, y como



testigo un fragmento donde no se encuentre la mancha, esto por que existen sustancias que pueden afectar el resultado del estudio que se está realizando, como pueden ser los detergentes o residuos de líquidos derramados (Franco de Ambriz, 1991).

- **Coágulos:** Se toma un aplicador estéril de madera y se colocará dentro de un tubo de ensaye estéril con 1 ml de solución salina por cada 5 ml de sangre (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2002. Franco de Ambriz, 1991).
- **Tierra o arena:** Se recortará un trozo completo de soporte, que se colocará dentro de una bolsa plástica o en cajón y por separado una muestra no impregnada (Franco de Ambriz, 1991).
- **Cabellos:** Se tomarán con ayuda de unas pinzas protegidas de sus puntas con caucho, teniendo cuidado de no maltratarlo para así introducir las a una bolsa pequeña de plástico (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2002).
- **Cuerpo de la víctima:** Se levantará mediante fragmentos estériles de tela blanca de 2 X 2 cm humedecidos en solución salina de las manchas hemáticas de la víctima y de aquellas que se sospeche que no sean de su propia sangre. Se colocarán dentro de un tubo de ensaye estéril y se tomará una muestra control de sangre venosa del cadáver y se colocará dentro de un tubo de ensaye estéril con 1 ml de solución salina por cada 5 ml de sangre (Franco de Ambriz, 1991).

2.4.3 Identificación del grupo sanguíneo

En 1901 Landsteiner descubrió la existencia del sistema “ABO” (Tabla 3) al observar que la sangre humana tenía características individuales que se manifiestan por reacciones de aglutinación pues se encontró que eritrocitos de alguna persona aglutinaban con sueros sanguíneos, la presencia o ausencia en los eritrocitos de los antígenos del grupo



A y B, determinan los cuatro grupos del sistema: A, B, AB y O (éste último denota ausencia de A y B).

Existe la presencia de anticuerpos-A (α) y anti-B (β), en el suero de individuos cuyos eritrocitos no contienen el correspondiente antígeno o aglutinógeno y que se presenta en la tabla a continuación:

GRUPO	SUBGRUPO	ANTÍGENO ERITROCITARIO	ANTICUERPO SÉRICO
O	-	Ninguno	Anti-A ₁ Anti-A Anti-B
A	A ₁ A ₂	Anti-A ₁ + A A	Anti-B Anti-A ₁
B	-	B	Anti-A ₁ Anti-A
AB	A ₁ B A ₂ B	Anti-A ₁ + A + B A + B	No Anti-A ₁

Tabla 3. Sistema de clasificación sanguínea ABO

El sistema “ABO” es el más importante hasta la actualidad (Colorado.edu, 2006, acfnewsresource.org, 2006).

2.4.3.2 Determinación del grupo sanguíneo en sangre seca (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003, Castellanos, 2002. Franco de Ambriz, 1991)

En sangre seca los eritrocitos se han roto, por lo que no es posible las pruebas de aglutinación directa, sin embargo los antígenos del sistema ABO conservan cierta capacidad de combinarse con anticuerpos específicos con formación de antígeno-anticuerpo usado en la detección de antígenos en el estroma de las células rojas en manchas de sangre



seca mediante el método de absorción-inhibición o absorción-elusión (Franco de Ambriz, 1991).

Absorción-elusión (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003)

En manchas de sangre seca, ya sea impregnadas en fibras textiles o depositadas sobre superficies de objetos, los antígenos del sistema “ABO” no se desnaturalizan tan rápidamente por la sequedad y sobreviven durante largo tiempo (hasta nueve años) conservando su capacidad de combinarse con sus anticuerpos específicos. Por lo tanto la detección de antígenos en el estroma de los eritrocitos en manchas de sangre seca es de vital importancia.

Tiene su fundamento en la absorción específica entre la mancha problema y su anticuerpo homólogo; después de que la absorción es completa, el excedente de anticuerpo se elimina por medio de lavados con solución salina fría. El complejo antígeno-anticuerpo se disocia por calentamiento, el anticuerpo eluido se pone en contacto con eritrocitos lavados de propiedades antigénicas conocidas y finalmente la aglutinación indica la presencia de un antígeno de la misma especificidad que el de las células usadas como testigo conocido, y es más satisfactoria para la determinación del grupo ABO pero también puede usarse en el sistema Rh que son más difíciles por su inespecificidad (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

Además del estudio en mancha de sangre como método de elección para determinar el grupo se usa paralelamente saliva, líquido seminal y fluidos orgánicos en los que el antígeno se encuentra en forma soluble.



2.4.4 Metodología de investigación a la sangre

La interpretación de la mancha de sangre, como fluido, sigue ciertas leyes físicas y como tal formará patrones reproducibles bajo conjuntos separados en circunstancias similares. Para lograr esto se hace uso de dos pruebas: pruebas de confirmación y pruebas de orientación (nzc.org, 2006).

Las pruebas de orientación son extremadamente sensibles ya que algunas permiten determinar trazas de sangre en diluciones 1:200,000 sin embargo carecen de especificidad. Las pruebas de orientación más comunes son las pruebas de leucobases y se fundamentan en la presencia de peroxidasas (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

Pruebas de Orientación

Reacción de la bencidina o técnica de Adler

Las peroxidasas (catalasas) son enzimas catalíticas en las reacciones de oxidación la descomposición de los peróxidos con la liberación de radicales hidroxilo (-OH). La actividad enzimática del grupo “hem”, cataliza la ruptura del peróxido de hidrógeno en ausencia de otras sustancias orgánicas oxidantes que al reaccionar con la bencidina, se obtiene un compuesto de color azul intenso (bencidina azul oxidada) (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

El grupo hem de la hemoglobina posee una actividad que puede catalizar la ruptura del peróxido de hidrógeno, descomponiendo el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, que al reaccionar con la bencidina, la oxidarán a un compuesto de color azul intenso considerada como positiva con una sensibilidad de 1:300,000 a 1:500,000 para la identificación de sangre; el resultado negativo excluye a la sangre, pero al ser positiva se



requiere como toda técnica de orientación puede resultar falsa ante materiales oxidantes como por ejemplo:

- Planta: acelgas alborique, alcachofa, espárrago, frijol, manzana, nabo, papa, remolacha y zarzamora.
- Tejido animal: hígado, intestino, leucocitos, médula ósea, moco, pulmón, pus, saliva, estiércol, tejido cerebral, líquido espinal.
- Reactivos químicos: herrumbre, formol, sulfato de cobre, dicromato, permanganato, blanqueadores.

Técnica de Kastle-Mayer o de la fenolftaleína (nzc.org, 2006. Franco de Ambriz, 1991).

Esta técnica se rige bajo el mismo principio de la reacción de Adler, solamente que la fenolftaleína debe ser reducida previamente a fenolftaleína incolora, que por su labilidad deberá ser almacenado en frasco ámbar y en refrigeración, se trabaja en medio alcalino en vez de un medio ácido y se efectuará un calentamiento previo a 100°C durante un minuto.

Las peroxidasas vegetales se inactivan ante calentamiento a 100°C mientras que las peroxidasas animales son estables después de meses; las peroxidasas vegetales reaccionan ante medio ácido pero no en alcalino como la animal, por lo que se deberán realizar pruebas testigo sin añadir agua oxigenada y solamente se toma como prueba presuntiva a la positiva, y es sensible de 1:1,000,000 a 1:10,000,000 (Castellanos, 2002).

Técnica de la leucomalaquita verde de Hunt (nzc.org, 2006, Academia Mexicana de ciencias Periciales, 2003, Castellanos, 2002, Franco de Ambriz, 1991).

Esta técnica se basa en una reacción de oxidación y reducción, en donde la estructura de esta sustancia recuerda a la de la fenolftaleína: el prefijo “leuco” refiere a la forma reducida incolora preparada de la malaquita verde.



La leuco- puede ser oxidada por las peroxidases para dar forma oxidada verde; es más confiable para la sangre, pero menos sensible que la de la bencidina (Castellanos, 2002).

Técnicas espectroscópicas (Academia Mexicana de ciencias Periciales, 2002)

Estas técnicas permiten poner de manifiesto mediante espectros de absorción la presencia de hemoglobina, la manera de extraer la hemoglobina de los eritrocitos ya sean frescos o secos es con agua destilada. Este extracto se somete a un barrido de espectrofotometría de luz infrarroja obteniéndose dos bandas de absorbencia cuyos máximos son de 575 y 540 nm, también se observa la banda de Soret típica de los derivados porfirínicos, próxima a la región ultravioleta teniendo valor de 412 nm, para poder confirmar si estas bandas corresponden a la oxihemoglobina se hará reaccionar este extracto con hidróxido de sodio, como la hemoglobina es muy inestable con estos reactivos las bandas anteriores desaparecen localizándose solo una con un máximo de absorbencia de 600 nm (Academia Mexicana de Ciencias Periciales, 2003).

2.4.5 Técnicas confirmatorias

Cristales de Teichman o de Hematina

La hemoglobina cuando es tratada con ácido acético se separa inmediatamente de las proteínas así como del grupo prostético durante la hidrólisis, por lo tanto se desnaturaliza la hemoglobina. La oxidación del hierro del grupo hemo se efectúa más rápidamente en medio ácido que en medio alcalino. Si está presente un halógeno inorgánico como lo es el cloro, se formarán los cristales insolubles correspondientes al cloruro de ferriprotoporfirina o hemina (Castellanos, 2002. Franco de Ambriz, 1991. nzic.org, 2006.).



Prueba de Takayama o hemocromógenos

Tanto la ferroprotoporfirina como la ferriprotoporfirina tienen la propiedad de combinarse con otros compuestos nitrogenados por medio de la globulina y estos compuestos pueden ser proteínas, hidróxido de amonio, cianuro, nicotina y piridina, entre otros y los productos resultantes se les conoce como hemocromógenos creando cristales tanto en medio ácido como en un medio alcalino (Franco de Ambriz, 1991. nzic.org, 2006).

La hidrólisis alcalina del hidróxido de sodio libera el grupo prostético de la hemoglobina, por tal motivo el hierro del grupo hemo es un ión férrico (Fe^{3+}) debido a la formación de metahemoglobina. En el proceso de desecación de la mancha de sangre del hierro se neutraliza por el grupo $-\text{OH}$ y calentando la glucosa se reduce el ión férrico a ferroso (Fe^{2+}) y la piridina se combina para formar los cristales insolubles de hemocromógeno o piridinferroprotoporfirina. La prueba es más sencilla y sensible que la de los cristales de hemina y no se han reportado falsos positivos (Castellanos, 2002).

Reacción de Unlenhuth (nzic.org, 2006, Castellanos, 2002, Franco de Ambriz, 1991).

La determinación de sangre humana se sustenta en que la inmunoglobulina reacciona con la proteína soluble del antígeno para formar un precipitado visible, que está influenciada por las fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, interacción de dipolos, atracción entre antígenos no polares y la superficie del anticuerpo y la atracción electrostática en varias etapas

Inicialmente se forma el complejo antígeno-anticuerpo (en igualdad de concentración) soluble que empieza a unirse como tupida red de moléculas de anticuerpo bivalente y moléculas de anticuerpo polivalente que crece para formar partículas insolubles de gran tamaño que permiten un precipitado visible



La reacción puede observarse en la interfase entre dos líquidos en un tubo de ensayo, en un capilar o sobre gel por la difusión entre las partes reaccionantes, o por medio de la electroforesis, pero se deberá tener presente la edad y grado de putrefacción en la degradación de las proteínas

El lavado de manchas de sangre con agua y jabón o detergente, interfiere en las reacciones positivas con la presencia de sales de sodio o sulfonatos; el ácido tánico y las proteínas séricas también pueden producir falsos positivos.

Precipitinas por inmunoelectroforesis

El antígeno emigra anódicamente y el anticuerpo catódicamente durante la aplicación de una corriente eléctrica sobre una placa de agarosa en donde se hacen perforaciones pares, colocando el antígeno (seroalbúmina, α y β globulinas) y el anticuerpo (γ globulinas); terminada la electroforesis se observan bandas visibles de precipitación entre las perforaciones pares de los materiales proteicos específicos (Franco de Ambriz, 1991).

2.5 GENÉTICA

Una de las acepciones de la palabra "Identificar" es "reconocer si una persona es la que se busca". Es decir, se trata de establecer su individualidad determinando aquellos rasgos o conjunto de cualidades que la distinguen de todos los demás y hacen que sea ella misma.

Las cuestiones relacionadas con la identificación de las personas tienen una enorme importancia en Medicina Legal, tanto en el caso de sujetos vivos como de cadáveres (Penacino, 2006). Es por ello que la identificación tanto de individuos vivos como de



cadáveres es fundamental, ya sea para pruebas de paternidad así como también para la identificación de cadáveres que por su estado físico (descomposición, accidentes, quemaduras) son de difícil identificación.

La razón fundamental de la amplia difusión de estas técnicas estriba en el hecho de que, mientras la serología clásica y los marcadores genéticos evaluables fenotípicamente presentan un número muy limitado de genotipos posibles, el continuo descubrimiento de nuevas regiones hipervariables en el ácido desoxirribonucleico (ADN) resuelve el problema de la identificación certera de individuos y del establecimiento de vínculos biológicos de parentesco (Chakraborty, 1993). Es por esta razón que el análisis forense se auxilia de la genética, no sólo par encontrar un parentesco entre familiares, sino también es un excelente auxiliar en violaciones, homicidios, o cualquier otro delito en el que se encuentren evidencias a las cuales se les pueda extraer ADN para su análisis (Por ejemplo, semen, saliva, pelo, etc.).

En los organismos vivos, la información hereditaria es almacenada en el ácido desoxirribonucleico (ADN), constituyendo éste el material genético primordial, a excepción de algunos virus que almacenan su información genética en el ácido ribonucleico (ARN).

El ADN se presenta como un modelo de cadena molecular de doble enlace en forma de hélice que avanza a través del núcleo de todas las células nucleadas del organismo, con una secuencia diferente entre los diferentes organismos con enlaces de adenina (A), citosina (C), guanina (G), y timina (T), encadenadas cuasi-infinita que se unen siempre en la misma forma, de tal manera que la adenina se enlaza con la citosina (A-C) y la guanina con la timina (G-T) mediante puentes de azúcar- PO_4 -azúcar que dan el contenido genético corporal, pero existen algunos segmentos polimórficos (ADN-chatarra) variables que son los que dan las características fundamentales que individualizan a cada sujeto y que constituyen una huella genética identificadora (U.S.Department of Justice, 2000).



El ADN es una pieza fundamental para la construcción de una construcción genética entera. Es un componente de cada una de las células del cuerpo humano, y el ADN se encuentra en cada una de las células del cuerpo de cada persona (U.S. Department of Justice, 2002).

El ADN porta la información genética transmitida de padres a hijos conforme a los postulados mendelianos, por lo que una mitad corresponde a la madre y la otra al padre. La estabilidad del ADN permite aislarlo e identificarlo aún después de años (aún de cuerpos momificados de milenios). Se encuentra en el núcleo de las células, por lo que es de utilidad medicolegal, al obtener pequeñas muestras de material celular tanto de la víctima como del victimario, e incluso de plantas y animales presentes e involucrados en el acto o en la omisión criminal. La forma secuencial y determinada, permite identificar al individuo del cual se tiene la muestra (Penacino, 2006).

A mediados de 1980, cuando las técnicas de perfiles de ADN se desarrollaban, el término de la huella digital de ADN se estaba usando ampliamente. Al mismo tiempo, el uso de la huella digital de ADN se establecía como un método forense, mientras que en la década de los 90's, las técnicas forenses para el perfil del ADN avanzaron rápidamente y fue aceptada como una prueba forense para la ayuda en la comisión de un delito (Lynch, 2003).

Diversas técnicas han cambiado en los procedimientos de DNA para determinar sus perfiles. Es en la década de los 90's cuando en el Reino Unido, la Unión Europea y los Estados Unidos convergieron en un nuevo sistema, la repetición en serie múltiple (Short Tandem repeat, STR), que usa secuencias hipervariables de DNA de corta longitud. Esta técnica se auxilia de la RCP, afín de amplificar la cantidad de material genético en una muestra (Patterson, 2001).



2.5.1 RCP (Reacción en cadena de la polimerasa. Por sus siglas en inglés PCR de Polimerase Chain Reaction)

La reacción en cadena de la polimerasa (RCP) ha realizado el desarrollo de perfiles de ADN de muestras extremadamente pequeñas de evidencias biológicas. La técnica de RCP replica copias exactas de ADN contenido en muestras de evidencias biológicas sin afectar el original. El RCP puede ser usado para producir millones de copias de ADN contenidas en un poco de células de piel. La sensibilidad de la técnica del RCP replica una de muchos de ADN contenidos en una muestra. Se debe prestar mucha atención a la contaminación cuando se identifica, colecta y se preserva la evidencia de ADN. Estos factores pueden ser particularmente importante en la evaluación de casos sin resolver en donde la evidencia puede ser incorrectamente recolectada o almacenada (U.S.Department of Justice, 2002).

La amplificación de ADN por RCP provee de un enorme incremento en la sensibilidad, permitiendo cantidades mínimas de ADN degradado para ser analizado, y nuevas formas de bases para la tipificación de ADN (Jobling, 2004).

La técnica de RCP replica copias exactas de ADN contenidos en una muestra de evidencia biológica sin afectar a la original, como si fuera una máquina fotocopidora. Desde que el análisis de ADN requiere solo una pequeña cantidad de ADN, puede ser enviada al laboratorio para analizar la evidencia de ADN. Por otro lado, se debe prestar atención a la contaminación, si es necesaria, cuando se identifica, y en la recolección para la preservación de la muestra. Estos factores son particularmente importantes en la evaluación de los casos sin resolver en donde la evidencia pudo haber sido mal recolectada y mal almacenada (U.S.Department of Justice, 2002).



2.5.2 Análisis STR

El análisis STR (Short Tandem Repeat o repeticiones cortas en serie) es un análisis forense que evalúa regiones específicas (loci) que son encontrados en el ADN nuclear. La variable (polimórfica) natural de las regiones STR que son analizados para pruebas forenses intensifica la discriminación entre un perfil de ADN y otro. Por ejemplo, la probabilidad de que alguno de dos individuos (excepto gemelos idénticos) tendrán el mismo perfil de ADN que puede ser tan grande como 1 en 1 billón o más. El propósito de establecer el análisis STR como núcleo central es para asegurar de que todos los laboratorios forenses pueden establecer bases de datos de ADN uniformes y, más importante, compartir información forense valiosa (Penacino, 2006).

Las regiones de ADN que son examinadas están situadas entre las regiones codificantes en el ADN, y el STR no codifica para ninguna característica conocida (Morling, 2004). El polimorfismo de una región STR principalmente resulta de de las diferencias en un número de secuencias repetidas. Esto permite a las variaciones en el total de las longitudes de las regiones de STR que varían de persona a persona. Muy pequeñas cantidades de material que quedó puede ser usado debido a que miles de millones de copias de fragmentos relevantes de ADN pueden ser obtenidas por el método de RCP (Penacino, 2006).

Las ventajas que nos ofrece este método son (U.S.Department of Justice, 2000):

1. El proceso puede ser utilizado con muestras degradadas (desde fragmentos cortos de ADN pueden ser analizados).
2. El proceso de la RCP permite analizar cantidades extremadamente pequeñas de ADN.
3. El proceso es rápido; puede ser completado en uno o dos días.



Mientras que sus limitantes son (U.S.Department of Justice, 2002):

1. La posibilidad de contaminación de una hebra de ADN se incrementa por el proceso de amplificación.
2. El equipo con el que se realiza este procedimiento es costoso.

2.5.3 Análisis de DNA Mitocondrial

El análisis de ADN mitocondrial (mtADN) permite a los laboratorios forenses el desarrollo de perfiles de ADN de la evidencia que no son adecuados para el análisis STR. Mientras que el RCP analiza ADN extraído del núcleo de una célula, la tecnología del mtADN analiza ADN encontrado en diferentes partes de la célula, una de esas partes es la mitocondria. Es importante notar que todo pariente materno (por ejemplo, la madre de una persona, o abuela materna) tiene mtADN idéntico. Esto permite desidentificar restos que van a ser analizados y comparados al perfil de mtADN de cualquier material relativo al propósito de ayudar a encontrar personas desaparecidas. Aunque al análisis de mtADN puede ser valiosa en la investigación de casos criminales (U.S.Department of Justice, 2002).

La ventaja del ADN mitocondrial miente en su número de copia que varía aproximadamente entre 200 y 1700 por célula (Holland, 1999); esto significa de la gran probabilidad de sobrevivencia que tiene el ADN nuclear. Las aplicaciones forenses que tiene, incluyen muestras que pueden ser de hace tiempo o haber sufrido algún daño o con poco ADN (como pueden ser bulba de cabellos) (Holland, 1999, Budowle, 2003).

Las ventajas del mtADN son (U.S.Department of Justice, 2000):

1. El ADN mitocondrial no se degrada tan fácilmente como el ADN nuclear.
2. Debido a que la transmisión del ADN mitocondrial es transmitido de la madre a sus hijos, esto lo hace un marcador particularmente poderoso en el trazado de linajes familiares.



2.5.4 Análisis de cromosoma Y

Diversos marcadores han sido identificados en el cromosoma Y que pueden ser usados en aplicaciones forenses. Estos marcadores apuntan solo a una fracción masculina de una muestra biológica. Por lo tanto, esta técnica puede ser muy valiosa si el laboratorio detecta mezclas compuestas (contribuidores masculinos múltiples) dentro de una muestra biológica. Por que el cromosoma Y es transmitido directamente de padre a todos sus hijos, y puede ser usado para trazar la relaciones familiares entre varones. Avances en la prueba de cromosoma Y puede eventualmente eliminar la necesidad para los laboratorios de extraer y separar semen y células vaginales (por ejemplo frotis vaginal de violaciones) que procede al análisis (Penacino, 2006. (U.S.Department of Justice, 2002. U.S.Department of Justice, 2000).



3. FARMACOLOGÍA Y TOXICOLOGÍA

3.1 ANTECEDENTES

La farmacología es la ciencia que se encarga del estudio de los fármacos, su estructura química, su acción biológica, su aplicación terapéutica en el hombre. Un fármaco es toda sustancia de origen natural o sintética que tenga alguna actividad farmacológica y que se identifique por sus propiedades físicas, químicas o acciones biológicas, que no se presente en forma farmacéutica y que reúna condiciones para ser empleada como medicamento o como un ingrediente del medicamento (World Health Organization, 2006).

La toxicología es el estudio de procesos analíticos que tienen por objeto el aislamiento, identificación y determinación cualitativa y cuantitativa de los tóxicos, tanto en los seres vivos como en los cadáveres

La toxicología forense comprende el uso de la toxicología para los propósitos de la ley. Aunque esta definición incluye una amplia gama de aplicaciones, como toxicología reguladora de práctica de pruebas en orina para detectar consumo de drogas, con mucho la aplicación más frecuente es para identificar cualquier sustancia química que pueda servir como un agente causal para infligir la muerte o lesión sobre seres humanos o para causar daño de propiedad. La toxicología forense y la toxicología analítica desde mucho han compartido una asociación de mutuo apoyo (Klaassen, 2003).

Las tareas de un toxicólogo forense en investigaciones post mortem incluyen el análisis cualitativo y cuantitativo de fármacos o venenos en muestras biológicas recolectadas en el momento de la necropsia, e interpretación de los datos analíticos en lo que se refiere a los efectos fisiológicos y conductuales de las sustancias químicas detectadas sobre el occiso en el momento de la muerte (Klaassen, 2003).



Existen varias formas para clasificar a las sustancias de abuso. Sin embargo, en todas ellas se presentan inconsistencias, ya que algunas drogas no pueden ser ubicadas en un solo grupo. Una forma tradicional para clasificar este tipo de sustancias es:

- Drogas legales
- Drogas ilegales.

El grupo de las drogas legales comprende tres subgrupos.

- a) Medicamentos no prescritos (over-the-counter, OTC) antitusivos (codeína).
- b) Medicamentos prescritos: barbitúricos, benzodiazepinas.
- c) *Drogas socialmente aceptadas: nicotina, cafeína y etanol.

Las drogas ilegales se dividen en dos subgrupos:

- a) Sustancias que presentan un alto potencial para provocar dependencia, como son los estimulantes del sistema nervioso central (SNC) como son anfetaminas, cocaína, narcóticos y depresores del sistema nervioso central (SNC) como la imipramina.
- b) Drogas con un menor potencial de producir dependencia: marihuana y alucinógenos.

Otra forma de clasificación, forma como criterio el efecto, que sobre el sistema nervioso, provocan las sustancias de abuso.

CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS
Depresores del SNC	Heroína (opiáceos), barbitúricos, etanol.
Opiáceos y Opioides	Morfina, heroína, codeína, y derivados de la morfina
Estimulantes simpático miméticos	Cocaína, anfetamina, metilfenidato, cafeína, nicotina.
Alucinógenos	LSD, mezcalina.
Otros	Marihuana, inhalantes.

Tabla 4. Clasificación de sustancias de abuso según su efecto sobre el sistema nervioso

* Droga = Cualquier sustancia química capaz de modificar el funcionamiento de un ser vivo (OMS, 2006).



La toxicología forense incluye una variedad de posibilidades de estrategias analíticas vía búsqueda de procedimientos para subgrupos bien definidos (por ejemplo sustancias de abuso) para la confirmación específica y la cuantificación de compuestos individuales.(Thieme, 2003.)

Algunas herramientas para la detección de sustancias de abuso:

- **Espectrofotometría:** se basa en la capacidad que tienen las moléculas y los átomos de absorber radiaciones de diferente longitud de onda, es característica de cada sustancia y, al utilizar dichas radiaciones se producen cambios energéticos en su estructura que permite su graficación para las confrontas.
- **Espectrofotometría ultravioleta visible (UV):** se fundamenta en la absorción de luz proporcional a la concentración de la solución y a la longitud del camino recorrido con manifestación en diferentes bandas.
- **Espectrofluorimetría:** esta fundada en la emisión de luz con fluorescencia que se acompaña de la excitación hasta el nivel inferior de energía y está condicionada por la naturaleza del esqueleto carbonado, disposición geométrica de la molécula y el tipo de posición de los sustituyentes.
- **Espectrofotometría infrarroja (IR):** el espectro puede darse en menos de dos minutos y la muestra no es alterada. Cada compuesto está representado por un espectro específico que lo identifica.
- **Espectrofotometría de absorción atómica (EAA):** determina con metodología analítica la concentración de elementos metálicos en una matriz determinada por la absorción de luz macro-cromática a una longitud de onda específica.



- **Espectrometría de masas (EM):** relacionada con la producción de iones y la fragmentación de las moléculas y la determinación de las razones de masa/ carga.
- **Cromatografía:** es la técnica de separación de una mezcla de solutos, basada en la diferente velocidad con que se mueve cada uno de los componentes a través de un medio poroso, arrastrados por un disolvente en movimiento
- **Cromatografía líquida de alta resolución (CLAR):** el líquido eluyente es impulsado a través de la columna mediante presiones elevadas.
- **Cromatografía en papel (CP):** la fase estacionaria está sostenida por el papel, generalmente agua, que puede ser impregnada con sales o sustancias insolubles en agua y la fase móvil se sitúa en la cubeta de desarrollo y se discurre por capilaridad, lo que ocasiona la separación para localizarse las manchas con luz ultravioleta o reveladores apropiados para eluirse y corroborar la identidad de la sustancia.
- **Cromatografía en capa fina (CCF):** se usa una capa absorbente sobre una placa de vidrio. En la fase estacionaria se usa sulfato cálcico o compuestos orgánicos fluorescentes para la fijación del material sobre el soporte para pasarse ya seca sobre la cubeta e identificar las manchas. El resultado positivo o negativo suelen ser de importancia.
- **Cromatografía de gases (CF):** se usa para separar una mezcla en sus componentes, para pasarla a proceso de volatilización, lo que permite establecer las relaciones de la velocidad de movimiento de cada una de las moléculas.
- **Técnicas inmunoquímicas:** utilizan como principio analítico a la reacción antígeno-anticuerpo, siendo el antígeno el tóxico convenientemente marcado y que tiene un desplazamiento competitivo por el tóxico libre presente en la muestra.



- **Radioinmunoanálisis (RIA):** se usa un tóxico marcado con isótopo radioactivo para equilibrar la mezcla que contiene anticuerpo y que son separados por precipitación y determinarse la concentración del tóxico marcado por radioactividad.

3.2 Reactivos más usados en toxicología

Para la comprobación de la presencia de las sustancias de abuso se ha desarrollado un gran número de reactivos que al ser expuestos a las sustancias de abuso dan productos de coloración y de precipitación. Algunos de ellos son considerados de aplicación general, mientras otros son más específicos y pueden servir para clasificaciones parciales de sustancias; generalmente se considera que hay presencia de alcaloides si dan reacción positiva a por lo menos cuatro de estos reactivos (Morales, 2006).

Los análisis pueden realizarse de variadas formas, en los métodos más corrientes se utiliza una placa de gotas, la muestra se coloca en una cavidad de la placa y se trata con los reactivos adecuados; esta placa suele ser blanca a fin de facilitar la percepción del color obtenido en el análisis (Morales, 2006).

REACTIVOS DE PRECIPITACIÓN (Morales, 2006).

Estos reactivos se combinan con los alcaloides (en preferencia en solución de la sal) y forman productos de adición poco soluble, por lo común de composición indefinida. Unos cuantos cristalizan en formas conocidas que son útiles para la identificación microscópica y caracterización de los alcaloides.



En estos reactivos se encuentran los siguientes:

- **Reactivo de Mayer:** Es un reactivo ácido que contiene cloruro de mercurio II (HgCl_2) e hidróxido de potasio (KI). Aquí se obtiene un precipitado de color blanco-crema.
- **Reactivo de Dragendorff:** También es una disolución acida que contiene nitrato de bismuto $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ en hidróxido de potasio. El precipitado que se obtiene es de color anaranjado - marrón.

REACTIVOS DE COLORACION.

Este tipo de reactivos se dividen en tres grupos:

- 1.- Los que producen color en virtud de su facultad deshidratantes. Ejemplo: El ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4); el cloruro de zinc (ZnCl_2); el ácido fosfórico (H_3PO_4).
- 2.- Sustancias oxidantes que dan color en virtud de alguna alteración de la molécula del alcaloide. Ejemplo: ácido nítrico (HNO_3).
- 3.- Sustancias oxidantes que adquieren color o cambian de color a causa de la acción reductora del alcaloide. Ejemplo: Los reactivos que tienen ácido molíbdico (H_2MoO_4), crómico (H_2CrO_4) o vanádico (HVO_3).

En general, conviene hacer las reacciones de coloración con el residuo que se ha obtenido después de la desecación de la sal de la sustancia de abuso. A continuación se presentan algunas de las pruebas para algunas sustancias de abuso.

OPIO.

- **Prueba de Marquis:** Es una disolución que contiene formaldehído, ácido acético glacial y ácido sulfúrico concentrado. Dando como resultado un color morado a violeta, que indica reacción positiva.
- **Prueba del sulfato férrico:** Esta prueba da una coloración color marrón.



MORFINA, CODEÍNA, HEROÍNA.

- **Prueba de Marquis:** Se obtiene una coloración morado rojizo.
- **Prueba de Mecke:** Esta es una disolución de ácido selénico (H_2SeO_4), que da una coloración azul que indica presencia de morfina, codeína o heroína.
- **Prueba de ácido nítrico:** Esta prueba arroja los siguientes resultados:
 - Color amarillo a verde claro indica presencia de heroína.
 - Color naranja a rojo y luego vira a amarillo presencia de morfina.
 - Color naranja a amarillo presencia de codeína.

Esta prueba sólo se utiliza como respaldo a las pruebas anteriores.

- **Prueba del sulfato férrico:** Da como resultado color rojo que indica la presencia de morfina.

ANFETAMINA, METANFETAMINA Y DERIVADOS ANFETAMÍNICOS.

- **Prueba de Marquis:** Se obtiene un color naranja que vira a marrón reacción positiva para anfetaminas; color verde amarillento que indica presencia de anfetaminas.

CANNABIS.

- **Prueba de Duquenois Levine:** Este reactivo es una disolución de vainillina en acetaldehído con ácido clorhídrico concentrado y cloroformo. Esta prueba es positiva cuando se obtiene un color violeta en la capa inferior de cloroformo.

BARBITURICOS.

- **Prueba de Dille Koppanyi:** Esta prueba es prácticamente exclusiva para los barbitúricos. La disolución de tetrahidrato de acetato cobaltoso en ácido clorhídrico concentrado da como resultado un color morado intenso.



LISERGIDA (LSD).

- **Prueba de Ehrlich:** Aparece un color violeta que desaparece en pocos minutos, que nos indica reacción positiva en presencia de paradimetilamina benzaldehído

COCAÍNA.

- **Pruebas del tiocianato de cobalto (Co(SCN)₂) (Prueba de Scott) :** Se presenta una coloración azul en presencia de tiocianato de cobalto II.

3.3 TECNICAS ANALÍTICAS

En los últimos años el aumento de publicaciones de aplicaciones de la cromatografía de líquidos acoplada a la espectrometría de masas (CL-EM) en numerosos campos, incluyendo las ciencias forenses ha sido verdaderamente espectacular (Quintela y cols., 2005).

El acoplamiento del CLAR con ionización por electrospray (IES) o por ionización química a presión atmosférica (IQPA) en espectrometría de masas se ha abierto una nueva posibilidad para la determinación de sustancias toxicológicamente relevantes. Sin embargo la reproducibilidad de los espectros de CL-EM, que es un prerrequisito para establecer una buena referencia para una librería de espectros, que aún no es satisfactorio (River, 2003).

La sensibilidad del análisis por CL-EM va a depender tanto del analito de que se trate como de la interfase empleada. Es en este sentido donde la CL-EM es una técnica adecuada para el análisis de sustancias polares, de peso molecular elevado y de sustancias termolábiles (Hoja y cols., 1997).

La calidad en los criterios para la primera identificación en compuestos orgánicos conocidos, los requerimientos para las diversas técnicas cromatográficas usados en el análisis toxicológico sistemático según de Zeeuw son (de Zeeuw, 2000):



- (1) Cromatografía en capa fina (CCF): Cromatografía del analito y la sustancia de referencia en la misma placa y correspondencia con el color de las manchas son obligatorias.
- (2) Cromatografía de gases y cromatografía de líquidos (CG y CL): La cromatografía es obligatoria en dos corridas cercanas relacionadas con el analito y la sustancia de referencia. El tiempo de retención del analito debe corresponder con el estándar en ± 0.5 s en columnas capilares.
- (3) Cromatografía de gases acoplada espectrometría de masas (CG-EM)

Existen diversas revisiones publicadas en donde se pone de manifiesto las capacidades del uso de la cromatografía de líquidos, cromatografía de gases, CLAR, en los campos de la toxicología analítica y forense. En el momento actual la identificación de un agente exógeno de naturaleza orgánica en un fluido biológico se puede realizar mediante la aplicación de un ensayo inmunológico en una muestra de orina. No obstante la confirmación de un resultado positivo, necesita de la aplicación de técnicas cromatográficas como son la CG-EM o la CLAR (Thieme, 2003).

3.4 ALUCINÓGENOS

Dentro de las sustancias de abuso que entran en esta categoría tenemos al ácido dietilamida lisérgico, o mejor conocido como LSD.

El ácido dietilamida lisérgico es un muy potente alucinógeno. Es considerado una de las drogas más peligrosas ya que tiende a producir pánico, delirio, y comportamientos bizarros, algunas veces resulta en actos irracionales. El LSD ataca múltiples sitios del sistema nervioso central (Johansen, 2005).

El LSD es una droga semisintética derivada del ácido lisérgico, alcaloide que se encuentra en el hongo del centeno *Claviceps purpurea* denominado “el cornezuelo del



centeno”. También se conoce por “dietilamina del ácido lisérgico” o LSD-25, es una sustancia incolora, insabora, inodora, cristalina, soluble en agua o en alcohol. La dosis oral activa es de 20 a 100 μg . Pero algunas veces su consumo llega a ser hasta de 500 μg . La concentración del nivel activo de LSD es muy baja (concentración máxima del plasma seguida de rangos de dosis que van desde 70 μg hasta 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$). La vida media de eliminación del LSD en plasma es de 3 a 6 h. El LSD es extensamente metabolizado en el hígado y menor del 1% de la droga es eliminada sin cambios en la orina (Bodin, 2001). Por lo bajo de sus concentraciones en a sangre es regularmente interpretado en orina (Johansen, 2005).

Esta sustancia en un alucinógeno potencial, sus propiedades se descubrieron en el decenio de los años treinta y durante muchos años se utilizó para ocasiones experimentales en el tratamiento de enfermedades mentales.

Diversas han sido las publicaciones que describen métodos para el análisis de orina esperadas para la alta sensibilidad que se debe tener. Son solo algunas publicaciones que describen algunos métodos sensibles suficientes para la determinación de LSD y los analitos relacionados en sangre. Faverotte y cols. describen una extracción LC/MS/MS usando una extracción líquido-líquido de muestras biológicas con cloroformo, un potente carcinógeno, mientras que Canezin y cols. describen un método LC/MS/MS para plasma y orina con un paso similar a una extracción líquido-líquido.

La aplicación de LC/MS/MS ha servido para la confirmación, cuantificación e identificación del LSD y otros analitos relacionados.



3.5 ESTUPEFACIENTES

3.5.1 OPIACEOS

Los opiáceos y sus derivados son analgésicos muy potentes, comúnmente algunos de los agentes terapéuticos son usados como drogas de abuso (Dams y cols., 2002), los derivados del opio son de los más potentes analgésicos (Pothier, 2005). Para la cuantificación de los opiáceos y sus derivados muchas técnicas están disponibles. Hasta hace unos cuantos años, la cromatografía de gases combinada con la espectrometría de masas (CG-EM) era muy frecuentemente usada en el análisis de los opiáceos debido a su sensibilidad. Por otro lado, la cromatografía de líquidos (CLAR) aparece como una técnica que puede separar un amplio rango de analitos sin ningún pretratamiento químico. Es así, como se convierte en una de las técnicas preferidas de mayor aplicación, usando una variedad de métodos de detección como el ultravioleta, fluorescencia, electroquímica o una combinación de ellos en serie, y más recientemente, espectrometría de masas (Dams R., Benijts T., 2002).

HEROÍNA

La preparación de la heroína requiere de la separación de la morfina a partir del opio. Esta separación no siempre es completada eficientemente por que en el producto final se cuantifican cantidades insignificantes de codeína, papaverina, noscapina y meconina que pueden ser encontradas (Chiaroti, 1999)

Recientemente, otras drogas callejeras, incluidas la heroína (DAM) y derivados de amfetaminas, han incrementado. DAM no fue usualmente usado con otras drogas. Sin embargo se ha dicho que la mezcla de metanfetamina (MA) y DAM lleva a una combinación de estimulación y depresión que produce un efecto bizarro y placentero (Katagi y cols., 2001).



Es conocido que el DAM es rápidamente metabolizado por suero o esterasas hepáticas, o espontáneamente hidrolizado a 6-acetilmorfina (6-AM) ($t_{1/2}=5$ min), y ese MAM es posteriormente hidrolizado a morfina (MOR) que es conjugada a glucurónidos de morfina.

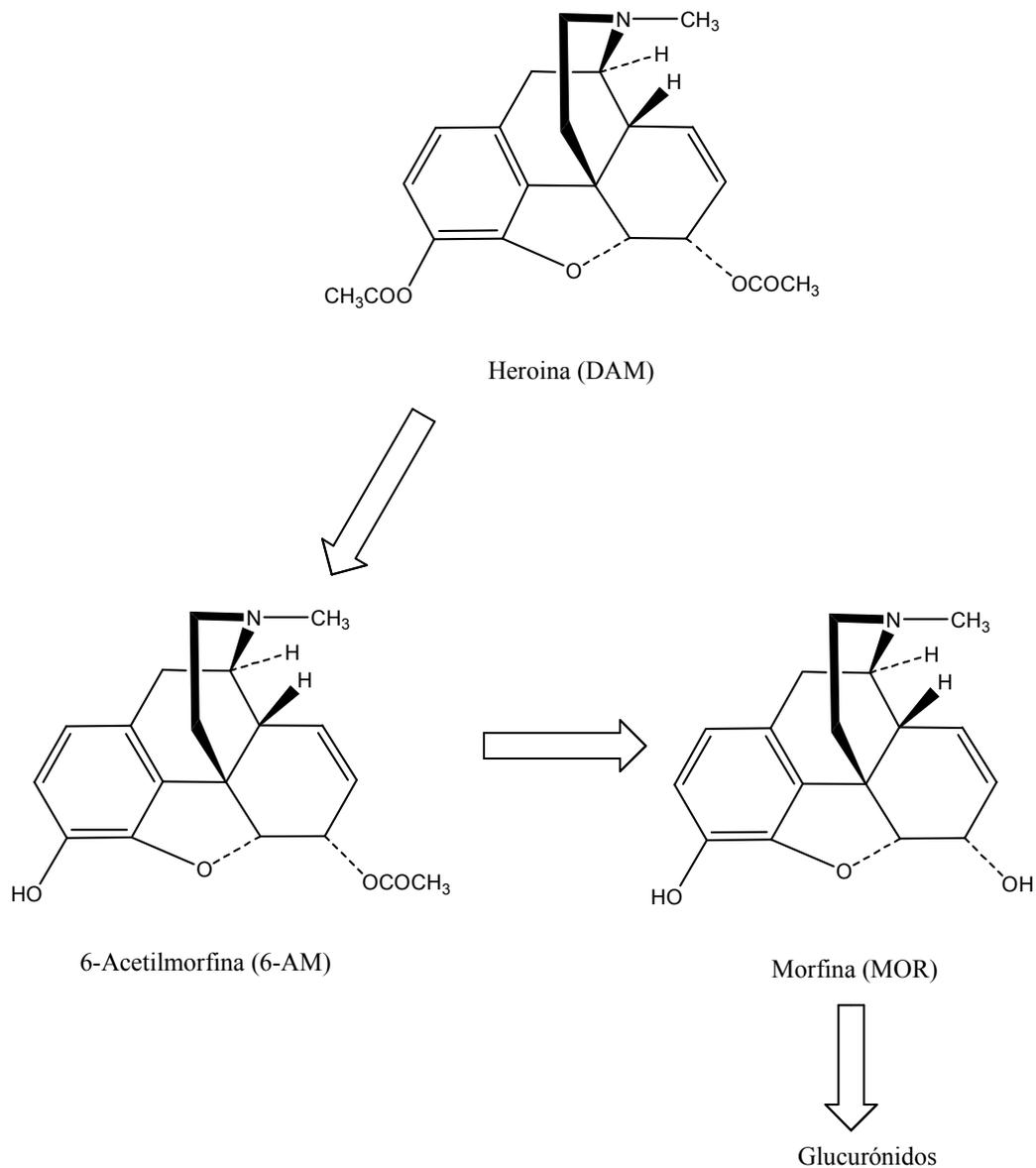


Fig. 1 Ruta metabólica de la heroína en el humano (Citado por Katagi y cols., 2001)



DAM es raramente detectada en muestras urinarias excepto para aquellas que son colectadas inmediatamente después de su consumo. DAM es usado con frecuencia como evidencia para la detección de MOR en muestras de orina. Sin embargo, MOR es también detectable en muestras de orina de sospechosos. La codeína (COD), que es usada como un medicamento para combatir la tos, puede ser también metabolizado a MOR. No obstante, 6-AM tiene un tiempo de detección muy corto de 2-8 horas en orina. También, una técnica sensible de detección es requerida cuando la concentración de 6-AM es con frecuencia más baja comparada con la de MOR.

La cromatografía de líquidos de alta resolución (CLAR), acoplada a espectrometría de masas (EM), (CLAR-EM), se ha convertido en el utensilio utilizado para la confirmación y de propósitos forenses de analitos cuantitativos, incluyendo DAM y sus metabolitos. Aunque a pesar de todo, el método más popular de para el muestreo es sangre y orina en cromatografía en capa fina (Tames y cols., 1999).

La cromatografía de líquidos de alta resolución (CLAR), acoplada a espectrometría de masas (EM), (CLAR-EM), se ha convertido en el utensilio utilizado para la confirmación y de propósitos forenses de analitos cuantitativos, incluyendo DAM y sus metabolitos. Muestras biológicas como suero y orina deben ser preparados prior al análisis (Dienes, 1999).

3.5.2 MORFINA

La morfina presenta propiedades analgésicas conocidas que hace que esta droga sea usada en el tratamiento de dolor crónico como en el cáncer. La orina es el fluido biológico por excelencia para el análisis de morfina. La desventaja de la prueba de orina es que las variaciones de concentraciones son atribuidos al consumo del intercambio de fluidos y a la gran posibilidad de adulteración o sustitución y otra limitante es el rango de detección en orina que es <300 ng/ml. (Ghazi-Khansari y cols., 2005)



El radioinmunoensayo se ha usado frecuentemente para monitorear concentraciones séricas de morfina y sus metabolitos. También la CLAR se ha usado para medición de morfina 6-glucuronido morfina 6-glucuronido en suero usando humano usando detección UV, amperométrica o fluométrica. . Las mayores desventajas es el costoso equipo utilizado (Dienes-Nagy, 1999, Leis, 2000).

Su concentración en plasma de sujetos en terapia de morfina está en el rango de 8-80 ng/ml y en una persona con tolerancia a esta sustancia puede ir por debajo de los 50 ng/ml. Uno de los mayores problemas asociados con el CLAR es la necesidad del complicado procedimiento de la extracción para separar el compuesto de interés de la matriz biológica para su análisis, como los métodos líquido-líquido o en fase sólida (Hopfgartner, 2002, Schanzele, 1999).

La morfina puede ser detectada en plasma hasta después de 15 horas después de haber sido consumida, con una máxima concentración de 49.6 ng/ml, medido de 13-15 h después de que algunos sujetos fumaron opio. Con este método, la concentración de morfina puede ser analizada después de 5 vidas medias de la morfina.

3.5.3 ANFETAMINAS Y METANFETAMINAS

Las drogas de abuso que altera el comportamiento humano y conducen al crimen se han convertido en un serio problema en todo el mundo. En muchas de las rutinas de análisis forense, el uso ilícito de metanfetaminas es evidenciado por la detección de metabolitos y la anfetamina que es su metabolito (Kraemer, 2002). Anfetamina y metanfetamina también son conocidas por ser metabólicamente formadas de análogos como la dimetilmetanfetamina, benzfentamina (Kudo y cols., 2003).



Las anfetaminas son sustancias relacionadas entre las drogas ilícitas más consumidas por sus efectos psicoestimulantes. Ellas producen una elevación de humor (euforia) y una sensación de incremento en el autoestima así como también en la capacidad física y mental (Piette, 2002).

La idea de que las drogas callejeras han sido adulteradas por otras drogas menos costosas y/o por algunas sustancias peligrosas es un común. Una amplia variedad de estas mezclas son vendidas en las calles con diferentes nombres como “speed”, que se supone contiene metanfetamina (Cerdan-Vital y cols., 2000).

Probablemente parece ser que el mayor mecanismo por el cual las anfetaminas producen su mayor efecto es la capacidad de liberar dopamina recién sintetizada de almacenes neuronales (Gilman y cols., 1990. Baselt, 2001). Además, los efectos tóxicos más comunes (tremor, confusión, alucinación, hipertensión, arritmias cardiacas), la tolerancia desarrollada y la dependencia física producida por el uso de estas sustancias constituyen una de las principales razones para su restricción legal (Piette, 2002).

En las pruebas forenses de detección de drogas, dos métodos son requeridos para reportar una muestra como positiva. Actualmente, la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masa (CG-EM) es considerado el método de elección. Efectivamente, hay una alta sensibilidad y un método específico que identifica drogas sin ninguna ambigüedad, pero el mantenimiento y los equipos son relativamente costos y necesitan de operadores calificados (Peters, 2003).

El análisis de cabello para drogas incrementa la atención, especialmente en el campo forense. Para combatir el uso de metanfetaminas, el análisis de cabello se ha vuelto una herramienta indispensable. Detección de metanfetaminas (5ng/mg o más) en cabello es cada vez más adoptada como las anfetaminas. (Kudo K. et. al., 2003)



Aunque CG/EM sirve como un “estándar dorado” para la determinación de drogas y metabolitos en el cabello, se requiere de habilidad manual, especialmente en la purificación. Hay una necesidad por un método específico y sensitivo todavía alternativo para la detección de drogas en el cabello (Kudo y cols., 2003).

En el análisis de drogas en cabello, la contaminación externa (p. ej. superficie de contacto) debe ser distinguida de la incorporación endógena por el consumo de la droga. Por este propósito, las anfetaminas han sido comúnmente monitoreadas como un metabolito de metanfetaminas para probar el consumo de éstas. Sin embargo, hay una cuestión si las anfetaminas detectadas en el cabello originan el metabolismo de las metanfetaminas, por si mismas anfetaminas, o conversiones térmicas de metanfetamina a anfetamina durante la inhalación de las metanfetaminas. Por el contrario, el p-hidroximetanfetamina no es usualmente producido por una conversión térmica de las metanfetaminas (Kudo, 2003).

3.5.4 COCAÍNA

Primer anestésico local, contenido en gran cantidad (0.6-1.8g/%) en las hojas de *Erythroxylon coca*, arbusto que crece en Bolivia y Perú a 1000-3000 metros de altitud, en Colombia crecen las variedades *Erythroxylon hondense* y *E. novogranatense*, ligada a una serie de leyendas que atribuyen una ascendencia divina.

Se presentan otros alcaloides presentes en la hoja de coca tales como: Cocaína-d, Ecgonina, Benzoilecgonina anhidra, Cinnamilcocaína, tropacocaína, truxilinas (cocaminas, isatropilcocaínas), higrina y cuscohigrina.

Otro material ilícito es el crack, polvo de color blanco mate, cremoso o pajizo, suele contener agregados o bien presentarse como una sustancia amarillenta de forma granular. El crack es la cocaína base (base libre) obtenida a partir del clorhidrato de cocaína.



La cocaína se absorbe en forma de solución por vía oral o inhalada, con una biodisponibilidad de 30 a 40%, y solamente es excretada en un 15 % por la orina; presenta una vida media plasmática entre 19 a 168 minutos. Los principales metabolitos son la ecgonina metil-éster y benzonilecgonina (Juffer, 2000)

No hay signos patognómicos específicos o signos peculiares para una intoxicación aguda con cocaína, la toxicología monitorea los metabolitos de la cocaína que típicamente son mostrados usando un espécimen de orina y personas expuestas a la cocaína dan positivo para benzoilecgonina en orina hasta por tres días seguidos de utilización de la droga. Por otro lado, el metabolito de la cocaína es rápidamente limpiado de la sangre con una vida media de eliminación de 3.6 h. Aunque la benzoilecgonina no tiene la potencia farmacológica de la cocaína, puede servir como evidencia de la exposición a cocaína y su presencia o ausencia en la sangre está relacionada con el intervalo de tiempo desde su exposición (Linder y cols., 2000).

Una de las principales propiedades anestésicas es la capacidad de insensibilizarlas terminales nerviosas, mucosas y cutáneas. Estimula al sistema nervioso central con liberación de dopamina; inhibición de la absorción neural de la catecolamina con la estimulación del sistema nervioso simpático; la liberación o bloqueo de la reabsorción de la serotonina y la inhibición del flujo de sodio en el tejido nervioso, que da lugar al efecto anestésico.

En el cuadro clínico se presenta agitación, excitación en la actividad cerebral, midriasis, alucinaciones, delirio, psicosis, ansiedad, adelgazamiento, hipertensión arterial, bradicardia, taquipnea, hipertermia, de temblores a convulsiones. Cuando se presentan niveles sanguíneos elevados, el efecto anestésico puede generalizarse acompañándose de una disminución transitoria de la transmisión del impulso nervioso que conlleva a una depresión del sistema nervioso central, lo que explica el coma y el paro respiratorio (Juffer, 2000, Spanbauer, 2000).

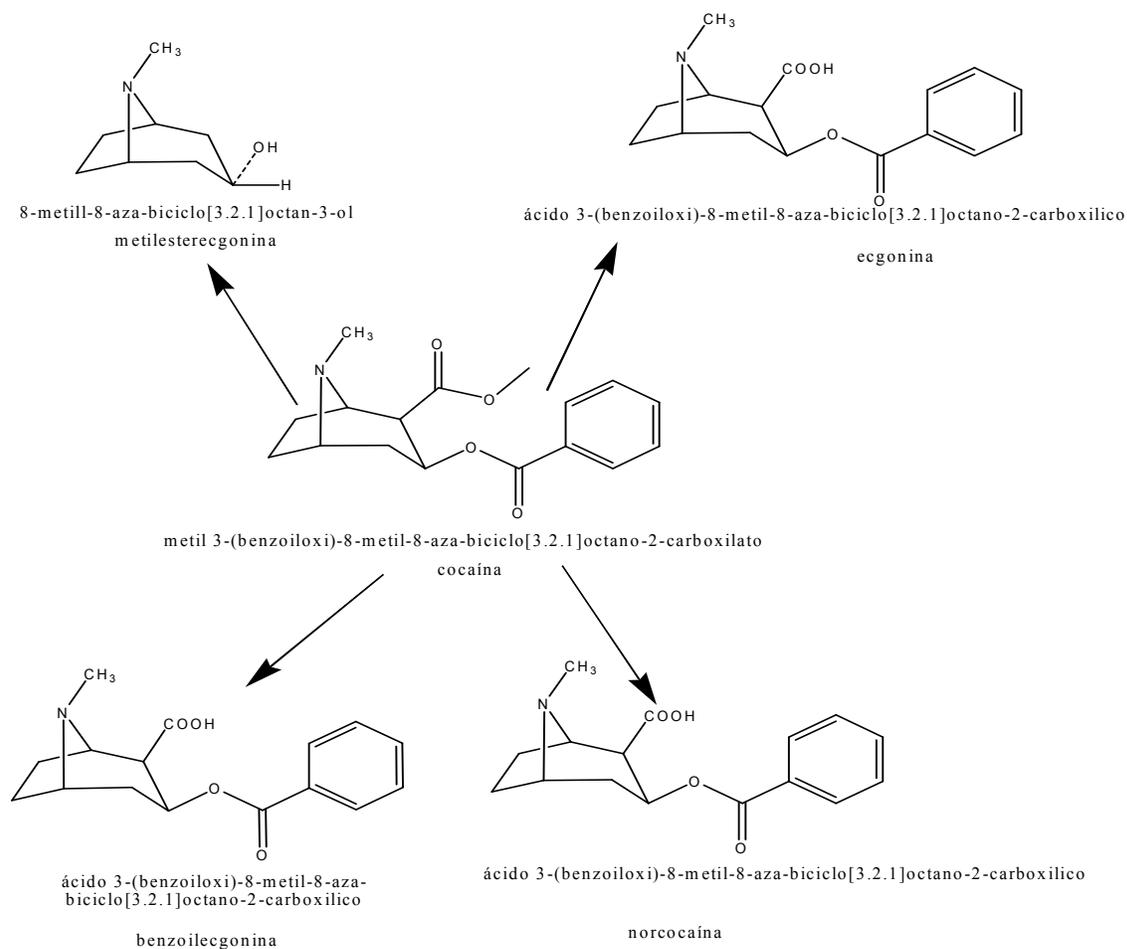


Fig. 2 Metabolismo de la cocaína (Citado por United Nations Drug Control Programm, 2001

Las técnicas aplicadas al análisis aplican hoy en día la utilización de cromatografía de gases (GC) (Sapanbauer, 2000) o cromatografía de líquidos (CL) (Rittner, 2001) para la separación de los componentes individuales que generalmente son monitoreados por espectroscopia de U.V visible y la detección por espectroscopia de masas (Lindon, 2000).



DISCUSIÓN

La criminalística, como ya mencionó anteriormente, es un conjunto de ciencias, dentro de las cuales se encuentra la química y la farmacología así como también la toxicología. Las ciencias mencionadas anteriormente facilitan o ayudan al esclarecimiento de delitos, esto se puede ver, por ejemplo, en identificación de huellas digitales, en la recolección de un pelo a través de la obtención de su ADN o también por medio de un análisis toxicológico se puede saber si el individuo es adicto o ha consumido sustancias de abuso por cierto periodo de tiempo.

Estas ciencias se apoyan en un 100% en los avances tecnológicos, un ejemplo de ello es el desarrollo de kits y de instrumental que aceleran los procesos de análisis de muestras. Un claro ejemplo es el avance que hay en el área de la genética y la toxicología, ya que los procesos se han optimizado y cada vez el tamaño de muestra es menor, por lo que el proceso de análisis es menor y los resultados que se obtienen son cada vez más exactos.

Cabe señalar que a pesar de los avances tecnológicos, aún se siguen utilizando técnicas que datan de 1914, como es el caso de la técnica de Adler, así como también de reactivos de identificación de sustancias de abuso. Esto debido a que se obtienen resultados eficaces, pero también estos resultados están expuestos a dar falsos positivos, sin embargo hay resaltar que estos resultados son presuntivos, ya que no se puede afirmar de manera tajante con un sólo resultado, se tienen que realizar varias pruebas hasta confirmar que la evidencia que estamos analizando nos confirma de la existencia de la comisión de un delito.



CONCLUSIONES

- Las ciencias como son química, farmacología, toxicología, son importantes para tener el conocimiento y la evaluación de poderlo aplicar al área forense.
- El conocimiento de técnicas química en el área analítica permiten determinar y generar un resultado acerca de un hecho delictivo, para dar un dictamen exacto y preciso, así como también en el procesamiento de las muestras.
- El conocimiento de las diversas técnicas analíticas permite optimizar recursos (mano de obra, reactivos, equipo y tiempo).
- La farmacología y la toxicología permiten tener un panorama amplio sobre las sustancias presentes en un hecho delictivo sobre sus acciones, mecanismos de acción, reacciones, interacciones, etc.



GLOSARIO

Absorción-elusión: Técnica aplicada para determinar grupo sanguíneo (ABO) en manchas de sangre seca.

ADN: Siglas del ácido desoxirribonucleico. En el núcleo de toda célula humana se localizan 46 cromosomas que están formados por genes; cada gen es portador del ácido desoxirribonucleico. El ADN está formado por un grupo fosfato, un azúcar, y una base. El grupo fosfato y el azúcar nunca cambian, este último contiene ribosa y desoxirribosa. La base, que sirve de soporte y sustento, está integrada por: adenina, citocina, guanina y timina.

Alucinógenos: Fármaco de abuso. Sustancia que, introducida en el organismo, produce una percepción alterada de la realidad en cuanto al tiempo, la forma y el espacio.

Analgésico: Pertenece al grupo de los depresores, disminuye el dolor, junto con los sedantes y los anestésicos, puede actuar por sí mismo, según el tipo, cantidad y vía de administración. Uno u otro, o los tres actúan como sedantes, anestésicos o analgésicos. Se emplea como fármaco de abuso.

Anfetaminas: Son compuestos químicos que al reaccionar en el sistema nervioso central, estimula la potencia interviniendo en el metabolismo, la conducta y la conciencia. Fármaco de abuso perteneciente al grupo de los psicotrópicos, su principal exponente es el "éxtasis".

Antígeno: Cualquier sustancia que tiene la facultad -en circunstancias adecuadas- de producir respuesta inmunológica y de reaccionar con los productos de esta respuesta, esto es, con anticuerpo o linfocito T específicamente sensibilizado o ambos. Pueden ser sustancias solubles como toxinas y proteínas extrañas o en particular, bacterias o células.

Arco: En dactiloscopía es uno de los cuatro tipos fundamentales de dibujos digitales que se usan en el sistema Vucetich. Se caracteriza por carecer de deltas, sus crestas corren libremente de un lado a otro sin volver sobre sí mismas. Se clasifica con la letra "A" para dedos pulgares y con el número "1" para los demás dedos, el número no significa orden sino tipo fundamental.



Balística: Ciencia que estudia los movimientos de los cuerpos lanzados al espacio, y más especialmente de los proyectiles provenientes de un arma de fuego.

Bala: Llamada también proyectil, es la parte superior del cartucho que sale proyectada al efectuar el disparo, que al tocar el blanco u objetivo queda inerte.

Balística de efectos: Rama de la balística que se encarga de estudiar los efectos o daños que produce la bala o proyectil al tener contacto o impactarse con su blanco u objetivo, que puede ser el cuerpo humano, además de estudiar los efectos en sus tejidos y órganos internos.

Balística exterior: Parte de la balística forense que estudia los fenómenos que le ocurren al proyectil desde el momento en que sale del arma y hasta que se impacta en el blanco.

Balística interior: Se encarga de analizar los fenómenos que ocurren en el arma de fuego a partir del momento en que la aguja percutora golpea la cápsula del cartucho y hasta que el proyectil sale por la boca del cañón. Asimismo, estudia lo relativo a la estructura, mecanismo y funcionamiento de toda arma de fuego.

Bencidina: Técnica con desarrollo de color que se utiliza en la identificación presuntiva de manchas de sangre, poniendo de manifiesto la función peroxidasa del grupo hemo, obteniéndose un color azul en caso positivo.

Cabello: Cada uno de los pelos de la cabeza. Pelo que cubre la bóveda del cráneo.

Cartucho: Pieza con que se carga toda arma de fuego, habitualmente el correspondiente al cartucho de proyectiles múltiples. Carga de pólvora y municiones, o de pólvora sola, correspondiente a cada tiro de alguna arma de fuego envuelta en papel o lienzo o encerrada en un tubo metálico, para cargar de una vez.

Casco o casquillos: Pieza con que se carga toda arma de fuego correspondiente a proyectil único. Pieza del aparejo que se sitúa en el remate de la empuñadura en las armas cortas.

Criminalística: Es la disciplina auxiliar del derecho penal que se ocupa del descubrimiento y verificación científica del delito. De acuerdo a sus etimologías, puede definirse como la ciencia del crimen.



Dactiloscopia: Deriva de las voces griegas *dáktilos*, dedo y *skopein*, examen o estudio; es decir, el estudio de los dedos, o mejor dicho, de los dibujos o arabescos que aparecen en las yemas o pulpejos de los dedos con fines identificativos.

Deflagración: Reacción de combustión en la que la velocidad del frente de reacción a través del medio combustible que no ha reaccionado, es menor que la velocidad del sonido. En balística es el acto de quemarse la pólvora en el interior de la recámara de las armas de fuego.

Droga de abuso: Son todas aquellas sustancias de origen natural y químico o sintético consumidas en exceso con fines no terapéuticos en forma ilícita y que al entrar al organismo del ser humano, son capaces de modificar su actividad mental, su estado afectivo, de raciocinio e intelectual y que actúan por depresión, estímulo o distorsión del sistema nervioso y que en exceso pueden causar adicción o habituación, por lo que también se les llama psicotrópicos.

Droga: Cualquier sustancia química capaz de modificar el funcionamiento de un

Fibras: Elemento filamentosos alargado que entra en la composición de los tejidos orgánicos, vegetales o animales.

Fulminante o detonador: En balística es el explosivo que estalla al ser golpeado por la aguja o el martillo del arma, y que al alcanzar una temperatura de 2000 grados centígrados, pasa por los oídos de la vaina o casquillo, encendiendo la pólvora que provoca la propulsión del proyectil por los gases que se generan. Se encuentra instalado en la parte posterior de la vaina o casquillo. Cápsula que contiene el compuesto explosivo que es detonado para dar inicio a la combustión de la pólvora. Un golpe con la aguja percutora sobre el fulminante enciende la carga de proyección (pólvora).

Genética forense: Especialidad de la genética que auxilia a la justicia, con sus conocimientos biológicos y sus métodos y técnicas de estudio, a fin de lograr la identificación de personas con las bases científicas aportadas por esta ciencia. Mediante el análisis de saliva, sangre, semen, huesos, dientes o tejido muscular puede obtener la huella genética de las personas, lo cual permite dicha identificación humana, con un altísimo grado de precisión científica.



Genética: Parte de la biología que investiga y estudia los factores hereditarios.

Griess, reaccion de: Técnica que tiene el mismo principio que la prueba de Walker. La de Griess, se aplica sobre el ánima del cañón de un arma de fuego que se sospeche ha sido disparada, se pretende realizar un rastreo de los derivados nitrados resultantes de la deflagración de la pólvora. Con este procedimiento se especifica únicamente si dicha arma fue disparada, sin precisar el número de veces o la época del disparo.

Hematología forense: Parte de la medicina que se refiere al examen y análisis de la sangre relacionada con hechos presuntamente delictuosos.

Hematología: Ciencia que estudia la estructura histológica, la composición química y las propiedades físicas de la sangre.

Huella artificial: Son los dactilogramas que se dejan impresos a base de tinta, anilina o aceite sobre cualquier superficie blanca.

Huella latente: Son las que están formadas por el sudor exudado por las glándulas sudoríparas y por la pequeña cantidad de aceite exudado por las glándulas sebáceas adyacentes a los folículos pilosos; la superficie de la piel palmar, plantar y dactilar contiene un número considerable de estas glándulas sudoríparas cuya actividad es mayor o menor según la temperatura del medio ambiente o del grado de excitación de un sujeto.

Huella modelada: Son las que aparecen impresas en forma de molde, estas huellas se marcan en materia plástica, como la grasa, jabón, plastilina o mastique, u otras.

Huella natural: Aparecen en forma natural en los pulpejos de ambas manos, desde los seis meses de vida intrauterina hasta el proceso de putrefacción, previo a la esqueletización.

Huellas dactilares: También reciben el nombre de huellas dactilares. Son las huellas o marcas que producen los dedos de las manos o de los pies, por contacto a una superficie determinada.

Leucomalaquita verde de Hunt: Técnica con desarrollo de color que nos permite identificar de manera presuntiva la presencia de sangre, fundamentándose con la oxidación de la leuco verde malaquita reducida obteniéndose una coloración verde, como consecuencia de la reacción de las peroxidasas con el sustrato (peróxido de hidrógeno).



Pelo: Células pilíferas. Pelo es la producción filiforme que aparece en diversos puntos de la piel del ser humano y de los animales. En el humano se clasifica como cabello el pelo que nace en la cabeza y vello el pelo corto y suave que nacen en algunas partes del cuerpo.

Prueba de Harrison-Gilroy: Técnica con desarrollo de color del tipo cualitativo, basada en la identificación de bario, plomo y antimonio. El bario y el plomo se detectan por medio del rodizonato de sodio y el antimonio mediante el reactivo yoduro de trifenil-arsonio (PTF).

Prueba de la bencidina: Esta prueba tiene por objeto identificar por medio de reacciones químicas las manchas de sangre. Esta reacción se basa en la acción catalítica de la hemoglobina de los eritrocitos por medio de las cuales se descompone el peróxido de hidrógeno con liberación de oxígeno, el cual oxida al reactivo bencidina hacia un derivado azul verde.

Prueba de la fenolftaleína reducida: Prueba empleada para identificar manchas de sangre. Se basa en el mismo principio químico de la prueba de la bencidina. En esta prueba el reactivo de la fenolftaleína debe ser previamente reducido para poder utilizarse en la prueba. En una prueba positiva se formará una coloración rosa. La prueba puede llevarse a cabo empleando hisopos.

Prueba de rodizonato de sodio: Se aplica para averiguar si una persona ha realizado disparos de arma de fuego. Detecta residuos de bario (del fulminante) y plomo (del proyectil) provenientes de un proyectil de arma de fuego. Al disparar un arma de fuego, la mano de quien lo hace resulta maculada por gases y derivados nitrados provenientes de la deflagración de la pólvora.

Prueba de Walker: Tiene por objeto identificar la presencia de derivados nitrados en la ropa, alrededor del orificio de entrada del proyectil de arma de fuego, a fin de determinar si el disparo fue próximo o a una distancia tal que no permita la maculación de la pólvora. Al producirse un disparo con arma de fuego se desprenden, como resultado de la deflagración de la pólvora, derivados nitrogenados.



Química forense: La química legal o forense es la especialidad que analiza, clasifica y determina la naturaleza de aquellos elementos o sustancias que se encuentran en el lugar de los hechos o que pudieran tener relación con un ilícito.

RCP: En genética forense son las siglas en inglés de: "reacción en cadena de la polimerasa". Reacción enzimática cíclica, en la cual las hebras de ADN son copiadas, donde los productos del primer ciclo de las hebras del ADN copiadas son usados como sustratos del siguiente ciclo, y así sucesivamente permitiendo incrementar exponencialmente una región deseada. Es común su referencia con las siglas RCP.

Sangre: Tejido en fase líquida de color rojo, de consistencia espesa que circula por el sistema vascular sanguíneo. Se compone de un plasma donde flotan glóbulos rojos o hematíes, glóbulos blancos o leucocitos y plaquetas donde localiza disuelta sustancia y gases.

Sistema Vucetich u Oloriz: Sistema de identificación dactiloscópica creado por Juan Vucetich Kovacevich. Se basa en presencia y ubicación de los deltas, por lo que también se le llama sistema déltico

Takayama: Técnica cristalográfica confirmativa para la identificación de sangre. Su fundamento: tanto la ferroporfirina como la ferriporfirina, tienen la propiedad de combinarse con otros compuestos nitrogenados (proteínas, amoníaco, nicotina, pirimidina), por medio de la globulina y los productos resultantes se les conoce como hemocromógeno (cristales de color rosa).

Teichman: Técnica cristalográfica de tipo confirmativa para sangre. Su fundamento: la oxidación del hierro del grupo hemo de la hemoglobina del eritrocito en medio alcalino con la presencia de halógenos inorgánicos da la formación de cloruro de ferriporfirina (cristales de color café oscuro).

Toxicología forense: Es la rama de la toxicología que trata de los aspectos médico-legales que ejerce el efecto dañino de las sustancias químicas en el ser humano.

Toxicología: Es la ciencia que estudia las intoxicaciones y los venenos que las provocan.

Veneno: Es toda sustancia que, ingerida, inhalada, absorbida o desarrollada dentro del cuerpo es capaz -por sus propiedades físicas o químicas- de provocar alteraciones orgánicas



y funcionales de distinta gravedad, e incluso, la muerte. Se dice que una sustancia es un veneno cuando después de la penetración en el organismo en una dosis relativamente elevada, consistente en una o varias tomas provoca trastornos en una o varias funciones de una forma pasajera o duradera que puede ir hasta la aniquilación total o parcial, llegando incluso hasta la muerte.



BIBLIOGRAFÍA

Academia Mexicana de Ciencias Periciales S.C.. Diplomado en Técnicas de Investigación Criminalística. Memorias. 2003.

acfnnews.org, 2006: http://www.acfnnews.org/science/barcoded_blood.

Baselt R., *Drug Effects On Psychomotor Performance*, Biom. Pub., Foster City, CA, USA, 2001.

Bodin K., Svensson J., *Determination of LSD in urine with LC-MS*. Ther. Drug Monit. 23. (2001) 389.

Budowle, B., Allard, M. W., Wilson, M. R. & Chakraborty, R. *Forensics and mitochondrial DNA: applications, debates and foundations*. Annu. Rev. Genomics Hum. Genet. 4, (2003) 119–141.

Canezin J., Cailleux A., Turcant A., Le Bouil A., Harry P., Allain P., *Determination of LSD and its metabolites in human biological fluids by high-performance liquid chromatography with electrospray tandem mass spectrometry*. J. Chromatogr. B (756). (2001) 15-27.

Castell A., <http://www.uv.es/~acastell/1.-Introduccion.pdf>. 2006

Castellanos Sainz J., *Jus Médica: Medicina Legal y Forense*. CD-ROM.2002



Cerdan-Vidal A., Maurí-Acejo A.R., Pascual-Martí, Llobat-Estellés M. *Identification and determination of amphetamine and methamphetamine in street drugs.* Microchem. Journal **64**(2000) 201-205.

Cone, E. J., Welch, J., Grigson-Babecki, B. *Hair testing for drugs of abuse.* International Research on Standards and Technology, NIH Publication No. 95-3727., Rockville, MD: National Institute on Drugs Abuse. 1995.

Colorado.edu, 2006: http://www.colorado.edu/Outreach/BSI/pdfs/for_bloodstud.pdf

Chakraborty, R. and Jin, L. A unified approach to study hypervariable polymorphisms: statistical considerations of determining relatedness and population distances. DNA fingerprinting: State of the Science; Birkhauser Verlag Basel/Switzerland; (1993). 153-175.

Chariotti, M., Fucci, N., *Comparative analysis of heroin and cocaine seizures.* Review. J. of Chromatogr. B, 733 (1999) 127-136.

Dams R, Huestis MA, Lambert WE, Murphy C.M., *Matrix effect in bio-analysis of illicit drugs with LC-MS/MS: influence of ionization type, sample preparation, and biofluid.* J Am Soc Mass Spectrom; **14** ; 2003:1290–4.

Dams R., Benijts T., Lambert W.E., De Leenheer A.P., *Simultaneous determination of in total 17 opium alkaloids and opioids in blood and urine by fast liquid chromatography-diode-array detection-fluorescence detection, after solid-phase extraction.* J. of Chromatogr. B, 773 (2002) 53–61

de Zeeuw R.A., Franke P., Bogusz M.J., *Forensic Science, Handbook of Separation Sciences*, vol. 2, Elsevier, Amsterdam, Lausanne, New York, 2000, p. 567.

Dienes-Nagy A, Rivier L, Giroud C, y cols., *Method for quantification of morphine and its 3- and 6-glucuronides, codeine, codeine glucuronide and 6-monoacetylmorphine in*



human blood by liquid chromatography-electrospray mass spectrometry for routine analysis in forensic toxicology. J Chromatogr A; **854**; 1999: 109– 18.

Evidencia Fiscal: <http://cienciaforense.com/Pages/EvidenciaFisica/Dactiloscopia.htm>.2006

Faverotte D., Frison G., Maietti L., Tedeschi L., Ferrara S.D, Ann. Toxicol. Anal. XIV **3** (2002) 201.

Federal Bureau of Investigation (FBI):

<http://www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/july2000/deedric1.htm>, 2006.

Franco de Ambriz, M; “Hematología forense”. Editorial Porrúa 2^a edición actualizada. México 1991.

Ghazi-Khansari M., Zendehtdel R., Pirali-Hamedani M., Amini M., *Determination of morphine in the plasma of addicts in using Zeolite Y extraction following high-performance liquid chromatography.* Clin. Chem. Acta **364** (2006) 235-238.

Gilman A., Rall T., Nies A., Taylor P., Goodman and Gilman’s *The Pharmacological Basis of Therapeutics*, Pergamon Press, Oxford, 1990.

Harkey, M.R., *Anatomy and physiology of hair.* For. Sci. Int. 1993. 63: 9-18.

Harrison W.H., Gray R.M., Solomon L.M., *Incorporation of d-amphetamine into pigmented guinea pigs.* Brit. J. of Derma., **91**: (1974). 415-418

Henderson, G.L., *Mechanisms of drug incorporation in hair.* For. Sci. Int, (**63**): 1993. 19-29.

Hoja H, Marquet P, Verneuil B, Lotfi H, Penicaut B, Lachatre G. *Metodología LC-MS. Aspectos generales de la técnica y sus aplicaciones en el campo de la toxicología.* J. Anal. Toxicol (1997) 21(2) : 116-126.



Holland, M.M., Parsons, T.J., *Mitochondrial DNA sequence analysis – validation and use for forensic casework*. Forensic Sci. Rev. 1999, (11): 21-49.

Hopfgartner G, Husser C, Zell M. *High-throughput quantification of drugs and their metabolites in biosamples by LC-MS/MS and CEMS/MS: possibilities and limitations*. Ther Drug Monit 2002;24: 134– 43.

Human Genome, 2006:

http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/elsi/forensics.shtml. 2006

Jobling M.A., Gill P., *Encoded evidence: DNA in forensic analysis*. Nature Reviews. Genetics. Volume 5. 2004. 739-752.

Johansen S.S., Jensen J.L., *Liquid chromatography-tandem mass spectrometry determination of LSD, ISO-LSD, and the main metabolite 2-oxo-3-hydroxy-LSD in forensic samples and application in a forensic case*. J. Chromatogr. B. 825 (2005) 21–28

Jufer R.A., Wstadik A, Walsh SL. et al. *Elimination of cocaine and metabolites in plasma, saliva, and urine following repeated oral administration to human volunteers*. J Anal Toxicol 2000 :24: 467-77.

Katagi, M., y cols. *Column-switching high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry for identification of heroin metabolites in human urine*. J of Chromatogr B, 751 (2001) 177-185.

Klassen, C.D., Watkins III, J.B., *Casarett & Doull. Manual de Toxicología*. 5° Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 2003

Kraemer T. Maurer H.H., *Toxicokinetics of amphetamines: Metabolism and toxicokinetic data of designer drugs. amphetamine. Methamphetamine and their N-alkyl derivatives*. Ther Drug Monit 2002:24:277-289.



Kudo K., Tsuchihashi H., Ikeda N., *Meeting challenges in forensic toxicology in Japan by liquid chromatography/mass spectrometry*, *Anal Chimica Acta* 492 (2003) 83-104.

Leis HJ . Fouler G. Raspomig G, y cols., *Quantitative analysis of morphine in human plasma by gas chromatography-negative ion chemical ionization mass spectrometry* . *J Chromatogr B Biomed Sci Appl* 2000;744:113-9 .

Linder M.W., Bosse G. M., Henderson M.T., Midkiff G., Valdes Jr R., *Detection of cocaine metabolite in serum and urine: frequency and correlation with medical diagnosis*, *Clin Chimica Acta* 295 (2000) 179–185

Lynch M., *God's signature: DNA profiling, the new gold standard in forensic science*. *Endeavour* . 27 (2) 2003. 93-97.

Morales C., *Alcaloides*. Apuntes. Universidad Técnica Federico Santa María. Viña del Mar, Chile: johan.jmc.utfsm.cl/pi/Alcaloidesdoc1.PDF, 2006

Moreno González Rafael, *Balística Forense*. 13ª Ed. Editorial Porrúa. 2003.

Morling N., *Forensic genetics*. *Medicine, Crime, and Punishment* Vol 364 December (2004). 10-11.

Nakahara, Y., Kikura R., *Hair analysis for drugs of abuse. XIII. Effect of structural factors on incorporation of drugs into hair: the incorporation rates of amphetamine analogs*. *Arch Toxicol*, 70(12); (1996):. 841-9.

Nakahara, Y., Kikura R., Takahashi, K., *Hair analysis for drugs of abuse. VIII. Effective extraction and determination of 6-acetylmorphine and morphine in hair with trifluoroacetic acid methanol or the confirmation of retrospective heroin use by gas chromatography-mass spectrometry*. *J Chromatogr Biomed Appl*, 657(1): 1994. 93-101.



Nakahara, Y., Kikura R., *Hair analysis for drugs or abuse. VII. The incorporation rates of cocaine, benzoylecgonine and methyl ester into rat hair and hydrolysis of cocaine, in rat hair.* Arch Toxicol, 68(1): (1994). 54-9.

Nakahara, Y., Takahashi, K., Kikura, R., *Hair analysis for drugs of abuse. X. Effect of physicochemical properties of drugs on the incorporation rates into hair.* Biol Pharm Bull, 18(9): (1995).1223-1227.

nzic.org: www.nzic.org.nz/ChemProcesses/biotech/12A.pdf. 2006

Patterson, J.L., Gaensslen, R.E. *Developing criteria for Modeling External DNA Proficiency Testing.* Final Report, National Institute of Justice. 2001.

Penacino, G.A. *Actualización en estudio de paternidad por análisis de ADN.* Tesis Doctoral: www.adn.ac/tesis, 2006

Peters F.T., Schaefer S., Staack R.F., Kraemer T., Maurer H.H., *Screening for and validated quantification of amphetamines and of amphetamine-and piperazine-derived designer drugs in human blood plasma by gas chromatography/mass spectrometry.* J Mass Spectrom 38: (2003); 659– 76.

Piette V., Parmentier F., *Analysis of illicit amphetamine seizures by capillary zone electrophoresis,* J of Chromatogr A. 979 (2002) 345-352

Polettini A., Stramesi C., Vignali C., Montagna M., *Determination of opiates in hair. Effects of extraction methods on recovery and on stability of analytes.* Forensic Sci. Int. 84 (1997) 259-269.

Pothier J., Galand N., *Automated multiple development thin-layer chromatography for separation of opiate alkaloids and derivatives.* J. Chromatogr. A1080 (2005) 186–191



Prensa Polupar: <http://www.gratisweb.com/prensapopular/rostro.htm>. 2006

Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal, 2006:
www.pgjdf.gob.mx/periciales/especialidades/Balística%20Forense.htm

Quintela O., Cruz A., Concheiro M., De Castro A., López-Ravadulla M., *Metodología LC-MS. Aspectos generales de la técnica y sus aplicaciones en el campo de la toxicología.* Rev. Toxicol. (2005) 22: 7-14

Rincón C.:
<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid/Rc-57/Rc-57a.htm>. 2006

Rittner M., Pragst F., Bork W.R., Neumann J., *Screening method for seventy psychoactive drugs or drug metabolites in serum based on high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry.* J Anal Toxicol (2001);25:115– 24.

Rivier L. *Criteria for the identification of compounds by liquid chromatography-mass spectrometry and liquid chromatography-multiple mass spectrometry in forensic toxicology and doping analysis.* Anal Chim Acta 492: (2003) 69– 82.

Schanzle G., Li S., Mikus G., Hofmann U., *Rapid, highly sensitive method for the determination of morphine and its metabolites in body fluids by liquid chromatography-mass spectrometry.* J Chromatogr B Biomed Sci Appl 721: (1999) 55– 65.

Slawson, M.H., y cols., *Quantitative determination of phencyclidine in pigmented and nonpigmented hair by ion-trap mass spectrometry.* J Anal Toxicol. 20: (1996) 355-361.

Spanbauer A.C., Moody D.E., Foltz R.L., y cols. *A gas chromatographic-positive ion chemical ionization-mass spectrometric method for determination of cocaine.*



benzoylecgonine. Ecgonine methyl ester. and norcocaine in plasma: detection of norcocaine in plasma after oral administration of cocaine. J Anal Toxicol 2000 ; 24:453-5 .

Tames , F., y cols. *Detection and identification of morphine in urine extracts using thin layer chromatography and tandem mass spectrometry.* J Chromatogr B, 729 (1999) 341-346.

Thieme D., Sachs H., *Improved screening capabilities in forensic toxicology by application of liquid chromatography–tandem mass spectrometry,* Anal. Chim. Acta 492 (2003) 171-186

U.S. Department of Justice. Office of Justice Programs. National Institute of Justice. *Using DNA to Solve Cold Cases.* July 2002.

U.S. Department of Justice. Office of Justice Programs. National Institute of Justice. *The Future of forensic DNA. Predictions of the Research and Development Working Group.* November 2000

United Nations Drug Control Program., Guidelines for testing drugs under international control in hair, sweat and saliva. United Nations, New York 2001.

World Health Organization: www.who.org. 2006