



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Determinación de la naturaleza biológica de una mancha localizada en el lugar de los hechos.

Tesina que para obtener el título de

QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

Presenta

Teresa Araceli Vargas Arriaga

Diplomado de Química Legal

Asesora: M. en C. Araceli García del Valle

México D. F. Agosto 2011





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

Al único y sabio Dios primeramente por darme la vida, ser mi más grande ayuda y por permitirme titularme.

*A mi esposo **Adán** por estar siempre a mi lado y ser mejor amigo.*

*A mi madre **Esperanza** por ser ejemplo de esfuerzo y perseverancia a mi vida.*

*A mi padre **Diego** por su actitud de alegría hacia la vida.*

*A mi hermano **José Apolonio** por ser ejemplo de esfuerzo y lucha constante.*

*A mi hermano **Diego** por ser el más apacible de mis hermanos.*

*A mi hermana **Esmeralda** por su audacia y tenacidad.*

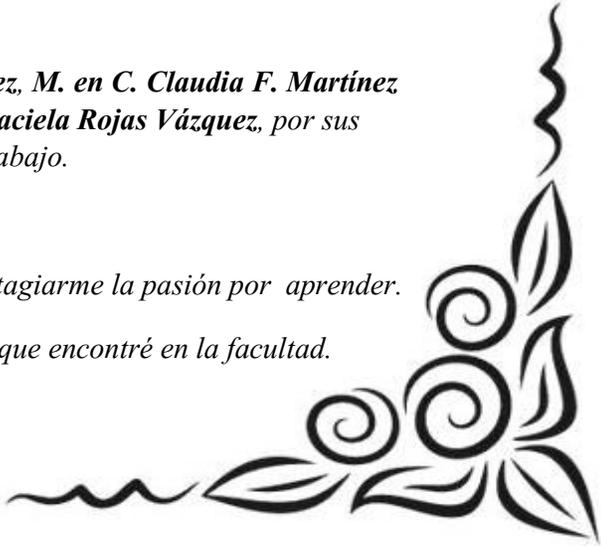
*A la familia **González**.*

*A mi asesora **M. en C. Araceli García del Valle**, por su paciencia.*

*A todas mis sinodales: **Q.F.B. Enriqueta Castrejón Rodríguez**, **M. en C. Claudia F. Martínez Rodríguez**, **MTRA. Leonor Aguilar Santelises**, **Q.F.B. Graciela Rojas Vázquez**, por sus aportaciones para realizar este trabajo.*

A todos los profesores de la máxima casa de estudios por contagiarme la pasión por aprender.

*A **Sandra, Areli, Cinthya, Daniel** y todos los amigos que encontré en la facultad.*



CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVOS.....	5
METODOLOGÍA.....	6
MARCO TEÓRICO.....	7
SEMEN.....	22
Técnicas de Identificación.....	26
SALIVA.....	38
Técnicas de Identificación.....	40
ORINA.....	45
Técnicas de Identificación.....	46
SUDOR.....	51
Técnicas de Identificación.....	52
LÁGRIMAS.....	53
Técnicas de Identificación.....	53
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	56
CONCLUSIONES.....	59
GLOSARIO.....	61
REFERENCIAS.....	63
SUGERENCIAS.....	68

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto recopilar y elaborar un documento que permita dar a conocer las diferentes metodologías y técnicas que se deben llevar a cabo para determinar la naturaleza biológica de una mancha en el lugar de los hechos, así como explicar la manera correcta en la que se deben coleccionar las manchas originadas en los hechos delictivos o crímenes violentos ya que las manchas encontradas en el lugar de un presunto ilícito son de gran importancia médico-legal debido a que entre los vestigios que el autor deja muy frecuentemente, y que a veces se lleva sobre de sí mismo, están las manchas.

Las manchas que pueden ser objeto de estudio médico-legal son de una variedad infinita; se reducen, sin embargo, casi todas a la serie siguiente: Sangre, líquido seminal, meconio, pus, moco nasal y vaginal, saliva, unto sebáceo, líquido amniótico, leche, calostro, materias fecales y orina. En esta investigación se abordaron las manchas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor.

Para llevar a cabo la investigación presentada en este documento, se acudió al INACIPE (Instituto Nacional de Ciencias penales) para consultar libros, guías, manuales. Se acudió al Centro Médico para obtener artículos científicos de la revista Forensic Science International, también se consultaron artículos de la revista Journal Forensic Science, se acudió a ANIGEN donde se encontraron libros y una vez analizada la información, se comenzó con la redacción del presente trabajo para poder determinar la naturaleza biológica de una mancha localizada en el lugar de los hechos.

Las manchas biológicas o los fluidos biológicos son importantes ya que son evidencia que comúnmente es enviada para su examen a laboratorios de ciencia forense, y sólo a este tipo de muestras se podría hacer análisis de ADN.

INTRODUCCIÓN

En México se presentan diariamente un gran número de delitos en diferentes modalidades, en los que desafortunadamente una gran cantidad de personas son asaltadas con violencia o que son atacadas sexualmente, desde bebés de muy corta edad hasta personas longevas, personas que pierden la vida por un atropellamiento ya sea imprudencial o doloso, riñas callejeras por mencionar algunos. Todos estos delitos deben ser investigados y sancionados.

En casi todos los delitos violentos existe un intercambio de indicios biológicos (sangre, saliva, pelos, semen, orina, sudor etc.) entre la víctima y el victimario de tal manera que su examen adecuado puede ser decisivo para el éxito de la investigación. ¹

Un indicio que casi siempre está presente en el lugar de los hechos son las manchas ², por lo que es importante primeramente conocer la naturaleza de dicha mancha ya que el perito no puede aventurarse a decir a simple vista que es una mancha de saliva, semen, orina, sudor o lágrimas y hay que realizar diversas técnicas, para identificar qué tipo de fluido corporal está presente, también es importante determinar de quien es, si de la víctima o del victimario o de algún curioso.

En una encuesta realizada en México a estudiantes se encontró que el tipo de victimización corresponde en orden de frecuencia: violación, abuso sexual, tentativa de violación y estupro, la edad más frecuente es entre los 16 y 24 años, más del 70% de personas que han sido violadas, nunca pensaron que pudiera sucederles, cerca del 75% de casos de violación son cometidos por conocidos de la víctima. En consideración a lo anterior se hace necesario que los órganos de procuración de justicia del país tengan herramientas para el estudio científico de este tipo de problemas. ³

Las manchas de semen pueden encontrarse en el cuerpo de la víctima, en condones, en prendas íntimas, o en el lugar de los hechos. Las muestras de saliva pueden obtenerse de vasos, colillas de cigarro o mordeduras en el cuerpo de la víctima. Las lágrimas se encuentran en casos de delitos contra la vida, el honor sexual y secuestros (en vendajes que han sido utilizados para cubrir los ojos). La orina puede estar presente en el suelo, en prendas, en el piso o en la cama. Las manchas de sudor pueden encontrarse en diversos sitios, producidas ya sea por factores emotivos, esfuerzo físico o por casos patológicos. ^{4,5 y 6.}

Para cualquier fluido biológico existen técnicas tanto presuntivas y de confirmación que consisten en la determinación de las características físicas y bioquímicas para determinar la naturaleza biológica de la mancha en cuestión que se explicarán en el presente trabajo.

Una vez que se identifica el fluido biológico se puede incluso llegar a la identificación por medio del análisis del ADN para saber a qué persona pertenece dicha mancha y por lo tanto llevar al esclarecimiento de los hechos. ⁴

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los fluidos biológicos en un crimen son testigos mudos de las agresiones y son cruciales para el esclarecimiento de éste; son muy importantes ya que los resultados arrojados por los análisis de ellos nos indicarán quienes fueron los participantes y quién la víctima (s) o victimario (s) en una etapa secundaria.

Es necesario determinar frente a que tipo de mancha se encuentra el investigador, ya que como se menciona en la introducción no se puede aventurar a decir a simple vista a que naturaleza pertenece dicha mancha, el primer paso es la determinación de la naturaleza biológica ya que con base a ello seguirán los procedimientos para su análisis y llegar a tener éxito en la investigación.

Actualmente no existe una estrategia analítica bien definida para determinar la naturaleza biológica de una mancha en el lugar de los hechos. Es aquí donde radica la importancia de esta investigación.

El alcance de este trabajo consiste en presentar un documento sobre las técnicas utilizadas para la determinación de manchas originadas por: saliva, semen, orina, sudor y lágrimas. Las limitaciones del presente trabajo son que no se abordarán otro tipo de manchas, y no se abordará el diagnóstico individual para determinar quién o quiénes fueron los autores del presunto ilícito.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Elaborar un documento monográfico que auxilie de manera efectiva tanto al investigador como al laboratorio forense, en la determinación de la naturaleza biológica de manchas en el lugar de los hechos.

Objetivos Particulares

- Investigar diferentes métodos de colección de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor.
- Investigar diferentes técnicas para la determinación de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor.
- Investigar técnicas presuntivas para la determinación de manchas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor para llegar al esclarecimiento de los hechos.
- Investigar técnicas de confirmación para la determinación de manchas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor para llegar al esclarecimiento de los hechos.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Descriptivo. Transversal

Dado que actualmente no existe una estrategia analítica bien definida referente a como determinar la naturaleza biológica de manchas de semen, saliva, orina, sudor y lágrimas. Se realizó lo siguiente:

- Una revisión bibliográfica relacionada con fluidos biológicos (saliva, semen, orina, sudor y lágrimas), así como sus parámetros físicos, químicos y reacciones de identificación.
- Una búsqueda en la sala de información electrónica.
- Una investigación en sitios de internet especializados: técnicas para identificación de manchas biológicas.
- Una averiguación en artículos científicos: en revistas especializadas en el tema.
- Se acudió a instituciones más especializadas en el tema: Institutos Forenses, INACIPE, donde existían libros, guías y manuales.
- Se evaluó, analizó, organizó y se clasificó la información, por medio de elaboración de fichas bibliográficas y finalmente se redactó la tesina.

MARCO TEÓRICO

GENERALIDADES

Aparato reproductor masculino

El aparato reproductor masculino se compone de dos testículos, dos conductos deferentes, dos vesículas seminales, dos conductos eyaculadores, dos cordones espermáticos, el escroto, el pene, la uretra, la glándula prostática y dos glándulas de Cowper.⁷ A continuación tenemos una breve descripción de los componentes del aparato reproductor masculino que es donde se origina el semen humano. Ver Figura 1

Testículos

Son dos órganos glandulares, suspendidos por el cordón espermático y contenidos en el escroto. Cada uno de ellos pesa entre 10 y 15 g, miden de largo 4 a 5 cm, por 3 cm de ancho y 3 cm de largo. En el testículo se encuentra el epidídimo.

El testículo es de forma ovoide y se encuentra cubierto por una membrana fibrosa azulada llamada albugínea que envía tabiques al interior, dividiendo a la glándula en cavidades o espacios comunicados entre sí. Llenan a estas cavidades los tubos seminíferos, que siguen un trayecto flexuoso, rodeado por arterias y venas, sostenidos por tejido intersticial. Los tubos seminíferos se extienden desde la periferia del testículo hasta el centro del borde superior del testículo, donde se anastomosan entre sí formando una red llamada rete testis de Haller para formar al epidídimo. Antes de llegar a la rete testis, los tubos seminíferos se hacen rectos y reciben aquí el nombre de conductos rectos. Al salir de la rete testis se llaman conos eferentes. El epidídimo es un cuerpo alargado, adosado al borde posterior y superior del testículo, mide 4 o 5 cm de largo y a él llegan los conos eferentes a los cuales envuelve. Está revestido también por la albugínea. El epidídimo se encuentra sobre la superficie posterior del testículo está cubierto por la túnica vaginal y la albugínea, Es aquí donde maduran los espermatozoides y llegan a ser gametos funcionales y móviles.⁷

Conductos eyaculadores

En número de dos, continúan a la vesícula seminal ya con este nombre, se dirigen oblicuamente de arriba hacia abajo y de atrás hacia adelante, penetran a la próstata y terminan en la uretra en un punto que recibe el nombre de verumontanum. Cada conducto eyaculador termina en orificio por separado y allí depositan el semen.⁷

Cordones espermáticos

Cada cordón espermático lleva en su interior el conducto deferente, el paquete vásculo – nervioso y linfáticos a los que recubre en todo su trayecto, que se extiende desde el testículo hasta atravesar el conducto inguinal.⁷

Escroto

El escroto o bolsa es un conjunto de tónicas músculo- membranosas que envuelven a los testículos, epidídimo y parte inicial del cordón espermático. La piel del escroto es delgada, oscura, morena, con numerosos pliegues y cubierta de pelos en el adulto.⁷

Pene

Está formado por un tejido esponjoso esto quiere decir que existen espacios entre célula y célula. En momentos de excitación sexual, debido a un mecanismo automático, tales espacios se llenan de sangre haciendo que el pene se endurezca y se ponga erecto.⁷

El extremo o cabeza del pene recibe el nombre de glande, y está cubierto por una piel normalmente deslizible llamada prepucio. En el adulto la longitud del pene, cuando está erecto, varía entre 10 y 20 cm. Cuando no está erecto mide de 8 a 10 cm. El diámetro es de 3 a 4 cm.⁷

Uretra

Es la posición final del canal eyaculador. Corre a través del pene, conduce la orina y el esperma.⁷

Glándula prostática

Es una glándula de forma cónica atravesada por el conducto eyaculador. Produce un líquido lechoso de olor característico que se incorpora al semen para neutralizar la acidez de la orina.⁷

Glándulas de Cowper

También llamadas glándulas bulbouretrales son dos pequeñas estructuras del tamaño de un chícharo, situadas un poco por debajo de la próstata. Su secreción es filante y mucosa. La secreción de estas glándulas da al semen un aspecto gelatinoso ya que producen una sustancia viscosa, mucina, que en el caso del verraco provoca la formación de unos gránulos o tapioca y que evita el reflujos de semen hacia el exterior del cuello uterino de la mujer. El volumen de esta secreción es de 0.1 a 0.2 mL.⁷

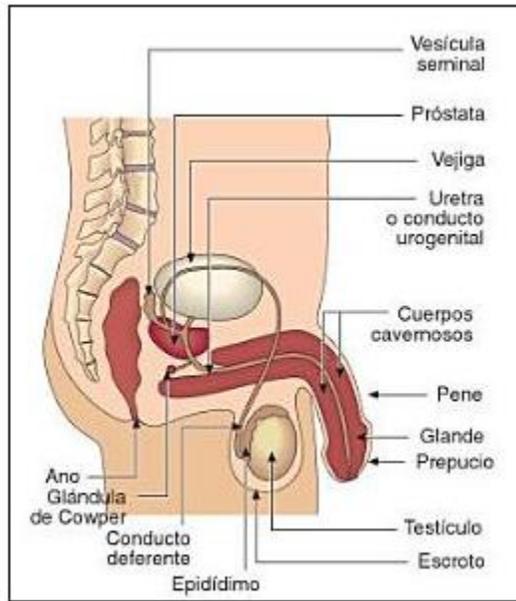


Figura 1. Aparato reproductor masculino. Tomado de González F.⁸

Edad de producción de líquido seminal

El líquido seminal comienza a producirse a partir de la pubertad y tiene las características del adulto a partir de los 12 – 14 años en la mayoría de los adolescentes. La cantidad producida aumenta con la edad hasta un nivel máximo que depende de cada individuo, luego disminuye a medida que el varón envejece. No obstante, se producen líquido seminal y espermatozoides durante toda la vida adulta del varón.⁹

Fracciones del líquido seminal en la eyaculación

Durante la eyaculación podemos distinguir diferentes fracciones:

- Primera fracción preeyaculatoria: Esta fracción, corresponde del 10% al 15% del volumen total, es de consistencia mucosa, transparente y no presenta espermatozoides. Procede de las secreciones de las glándulas de Cowper y Littré. La acción de esta fracción es hacer más resbaladizo el canal de la uretra.¹⁰
- Segunda fracción previa: Es fluida y sigue sin presentar espermatozoides ya que presenta un pH ácido, elevada concentración de fosfatasa ácida y ácido cítrico, y estas no son unas condiciones óptimas para el desarrollo de los gametos masculinos. Procede de la próstata. Representa entre el 13% y el 33% de la fracción total.¹⁰

- Tercera fracción principal: Presenta elementos líquidos y gelatinosos. Procede del epidídimo y de los conductos deferentes. Es la fracción que contiene a los espermatozoides. Representa entre el 5% y el 10% de la fracción total. ¹⁰
- Cuarta fracción terminal: De consistencia gelatinosa o coloide. Procedente de las vesículas seminales. Tiene un pH alcalino y fructosa, razón por la cual hay presentes espermatozoides, aunque la mayoría inmóviles. Contiene fructosa que es el principal nutriente de los espermatozoides. Representa entre el 50% y el 60% de la fracción total. ¹⁰

Glándulas que producen la saliva

La saliva se forma dentro de la boca por la presencia de las glándulas salivales a continuación una breve descripción de estas:

Anatomía de las glándulas salivales

La saliva se forma principalmente por tres glándulas, pares, especializadas: La glándula parótida (*glándula parotis*), que es la mayor de todas, está situada entre la rama ascendente de la mandíbula inferior y la porción ósea del conjunto auditivo externo. Su conducto secretor desemboca frente al segundo molar superior. La glándula submaxilar (*glándula submandibularis*) está situada entre la mandíbula inferior y la musculatura del suelo de la boca. Tiene un largo conducto secretor que termina en una pequeña papila en el suelo de la cavidad bucal, bajo la lengua. La glándula sublingual (*glándula sublingualis*), con múltiples conductos secretores, pequeños, se encuentra por debajo de la lengua. ¹¹ Ver Figura 2.

Una pequeña secreción de saliva, llamada *secreción basal* (secreción de reposo), se produce siempre, incluso sin digestión de alimentos. La secreción salival se aumenta *reflejamente* por contacto del alimento con la mucosa bucal. Pero también por el aspecto visual, el olor o la simple representación mental de un alimento apetitoso “se hace la boca agua”. Por otra parte, la composición de la saliva varía por la diferente inervación de las glándulas salivales, a través del sistema nervioso vegetativo. La activación del parasimpático produce en todas las glándulas una abundante secreción de saliva fluida. La estimulación del simpático libera pequeñas cantidades de saliva con un elevado contenido en componentes orgánicos. ¹¹

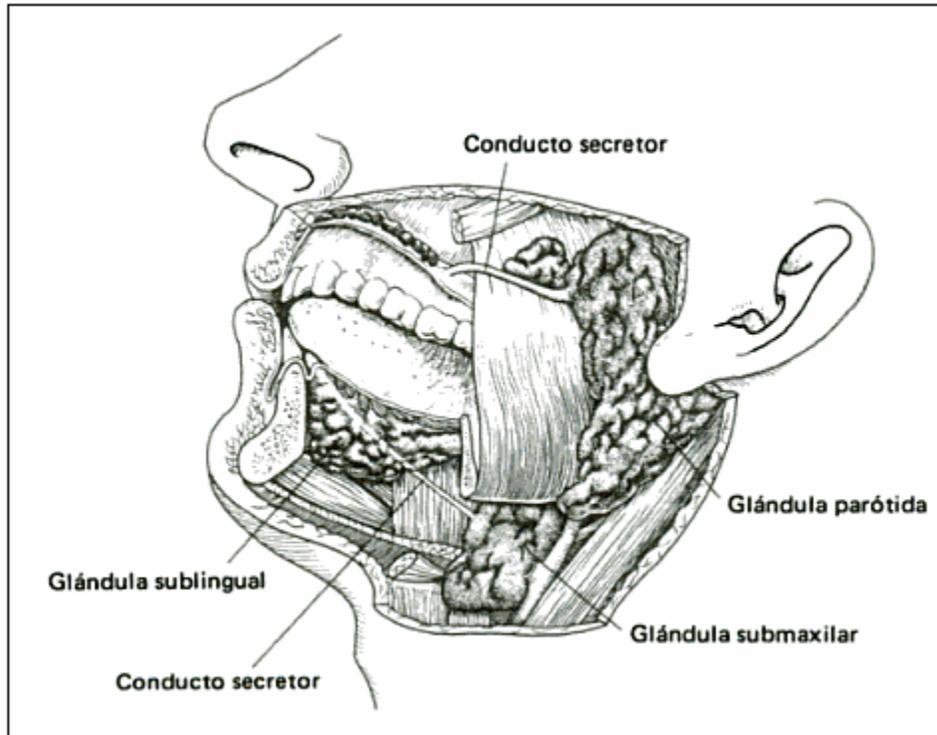


Figura 2. Localización de las glándulas salivales. Tomado de Thews G.¹¹

Formación de la orina dentro del aparato urinario

La orina se forma en el aparato urinario a continuación tenemos una breve descripción del mismo:

Aparato urinario

El aparato urinario se divide para su estudio en vías urinarias altas, y vías urinarias bajas. Las primeras incluyen los dos riñones, las pélvises y los ureteres; y las segundas, la vejiga urinaria, y la uretra (masculina y femenina).¹² Ver Figura 3 y 4.

Riñones

Los riñones son dos órganos del aparato urinario que se encuentran alojados a uno y al otro lado de la columna vertebral en su región lumbar, por debajo del diafragma, por detrás de los órganos abdominales y el perineo que envuelve a estos; por delante de las masas musculares lumbares y arriba de la pelvis ósea. Los riñones tienen forma de semilla de frijol; en ellos se distingue un polo superior y un polo inferior; un borde externo convexo, y otro interno formado por tres convexidades más cortas, que están en relación con la pelvis renal. El interior de cada riñón está formado por más de un millón de unidades microscópicas, llamadas nefronas. La función que realizan, la de formar orina, es esencial para la homeostasis y el mantenimiento de la vida.¹²

La pelvis

La pelvis renal es un segmento ensanchado del aparato excretor del riñón situado en conjunción de los cálices renales mayores. Presenta la forma de un embudo aplanado de anterior a posterior; su base mide por término medio de 20 a 25 mm de altura. La orina pasa por la pelvis renal antes de fluir al uréter.¹²

Uretero o uréter

Los ureteros son dos tubos que van desde la pelvis renal a la vejiga, en la cual desembocan en su pared posterior y en un tercio inferior formando los ángulos posteriores de una región de la vejiga llamada trígono vesical. La orina se transporta a través de los uréteres.¹²

La vejiga urinaria

La vejiga urinaria es un globo o bolsa, alojado en la parte inferior del abdomen y superior de la pelvis. Se encuentra por debajo de la cavidad peritoneal y es un órgano extraperitoneal. La vejiga está constituida por una capa de tejido seroso en cuyo interior se encuentra una túnica muscular revestida por su cara interior de un epitelio mucoso estratificado. La vejiga funciona como reservorio de la orina y con la ayuda de la uretra expulsa la orina del organismo.¹²

Normalmente siempre hay orina en la vejiga, y el deseo miccional aparece cuando la cantidad llega a 250 mL. El acto de miccionar (orinar) está normalmente bajo control voluntario y el deseo de miccionar puede desaparecer si la vejiga no se vacía enseguida. La capacidad total de la vejiga es de 350 a 500 mL.¹³

La uretra

Es el conducto a través del cual la orina sale de la vejiga al exterior. La uretra es diferente en el hombre y la mujer. La uretra femenina es corta y casi recta; en cambio en el hombre es larga y flexuosa. La uretra masculina es un conducto común para el aparato urinario y para el genital. No así la uretra femenina que es exclusivamente conducto urinario. La uretra femenina desemboca en la región genital por abajo y atrás de la sínfisis del pubis.¹⁴

Micción

El término micción se refiere a la salida de orina del cuerpo o al vaciamiento de la vejiga.¹⁵

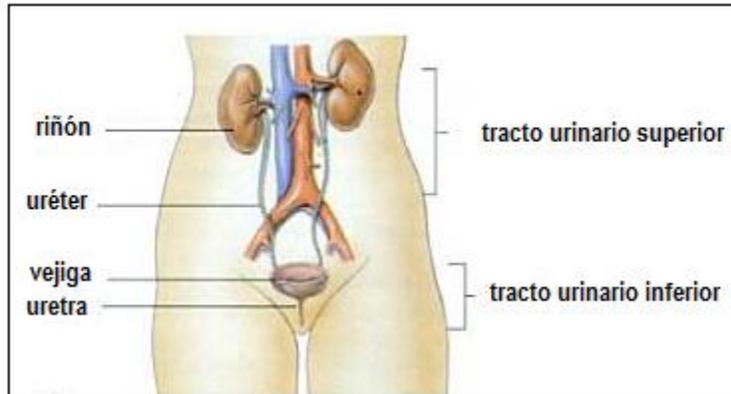


Figura 3. Órganos del aparato urinario femenino. Tomado de Ingraham J.L.¹⁶

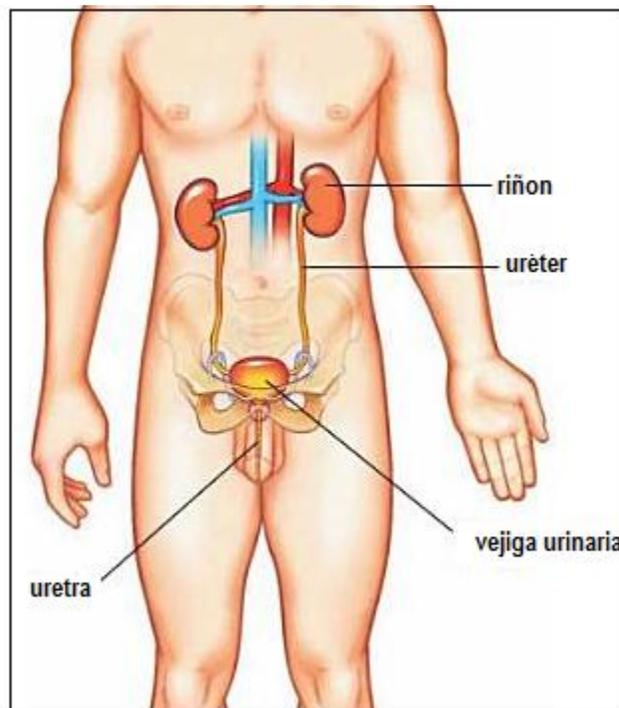


Figura 4. Órganos del aparato urinario masculino. Tomado de Thibodeau- Patton.¹⁵

Formación de las lágrimas en el aparato lagrimal

Las lágrimas se forman en los ojos por medio del aparato lagrimal, a continuación una breve descripción del mismo.

Aparato lagrimal

El aparato lagrimal se compone de dos aparatos, uno secretor, que son las glándulas lagrimales, y otro excretor, que son las vías lagrimales. Su misión consiste en producir y drenar las lágrimas.¹⁷ El aparato secretor está formado por una glándula principal; la glándula lagrimal con forma de almendra de aproximadamente 2 cm de longitud, se encuentra situada en la parte inferior interna de cada órbita y consta de puntos lagrimales que son pequeñas aberturas situadas en el borde libre de ambos párpados. La glándula se divide en una porción superior (orbitaria) y una porción inferior (palpebral) por la expansión lateral del tendón del elevador del párpado superior. También existen glándulas lagrimales accesorias que son más numerosas en el párpado superior que en el inferior.¹⁸ Ver Figura 5.

El resto de las glándulas se encuentran diseminadas en las distintas partes de la conjuntiva. El aparato excretor está compuesto por las vías lagrimales. Se encuentra situado en la parte inferior interna de la órbita y consta de puntos lagrimales que son pequeñas aberturas situadas en el borde libre de los párpados.¹⁷

Las órbitas contienen y protegen los globos oculares y las estructuras visuales accesorias, que incluyen:¹⁸

- Párpados: limitan las órbitas por delante y controlan la exposición anterior del globo ocular.
- Conductos lagrimales: conducen el líquido lagrimal desde las glándulas lagrimales hasta el saco conjuntival.
- Canalículos lagrimales: empiezan en el punto lagrimal (un espacio triangular en el ángulo medial del ojo donde se acumulan las lágrimas) al saco lagrimal (la porción superior dilatada del conducto nasolagrimal).
- Conducto nasolagrimal: Conduce el líquido lagrimal al meato nasal inferior.¹⁸

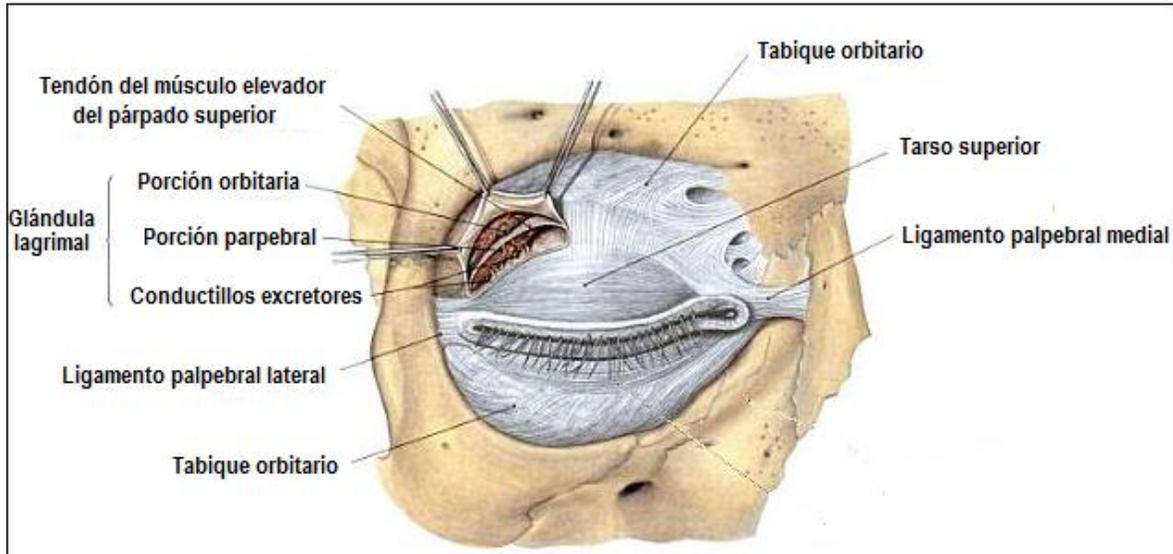


Figura 5. Glándula lagrimal y órbita derecha con los párpados. Tomado de Gerhard Thews.¹¹

La producción del líquido lagrimal está estimulada por impulsos parasimpáticos. Se secreta a través de 8 - 12 conductos excretores que se abren en la porción lateral del fórnix conjuntival superior del saco conjuntivo. El líquido fluye hacia abajo dentro del saco por influencia de la gravedad. Cuando la córnea se seca, los ojos parpadean. Los párpados se cierran en sentido lacromedial, y desplazan en una capa de líquido hacia la parte medial hacia la córnea a modo de parabrisas de un coche. De esta forma, el líquido lagrimal, que contiene material extraño como polvo, se desplaza hacia el ángulo medial del ojo se acumula en el lago lagrimal desde el que es drenado por los capilares a través de los puntos y los canalículos lagrimales al saco lagrimal. Desde ese saco, las lágrimas pasan al meato nasal inferior de la cavidad nasal a través del conducto nasolagrimal y drenan a continuación hacia la nasofaringe a través del suelo de la cavidad nasal. Además de limpiar el saco conjuntival de partículas irritantes, el líquido lagrimal aporta nutrientes y oxígeno a la córnea.¹⁸

Formación de sudor por medio de las glándulas sudoríparas

El sudor se produce por medio de las glándulas sudoríparas que se encuentran en la piel, a continuación una breve descripción de estas:

Glándulas sudoríparas

Existen dos tipos de glándulas sudoríparas: écrinas y apócrinas. En la piel existen 3 000 000 de glándulas sudoríparas individuales. Las glándulas sudoríparas écrinas son glándulas tubulares contorneadas simples y participan en el control de la temperatura corporal. Las glándulas écrinas se inervan por fibras nerviosas colinérgicas. La porción secretora de la glándula sudorípara écrina es un tubo contorneado compuesto por tres tipos de células: células claras, células oscuras y células

mioepiteliales. Las células claras apoyan en la lámina basal y secretan la mayor parte de agua y electrolitos. Las células oscuras se localizan encima de las células claras y secretan glucoproteínas. Las células mioepiteliales se localizan entre la lámina basal y las células claras y reabsorben cloruro de sodio.¹⁹

Las glándulas sudoríparas apócrinas son contorneadas y se encuentran en las axilas, el monte de Venus y la región perianal. La porción secretora se localiza en la dermis e hipodermis. El conducto excretor desemboca en el folículo piloso. Estas glándulas se vuelven funcionales después de la pubertad y están inervadas por nervios adrenérgicos.¹⁹ Ver Figura 6.

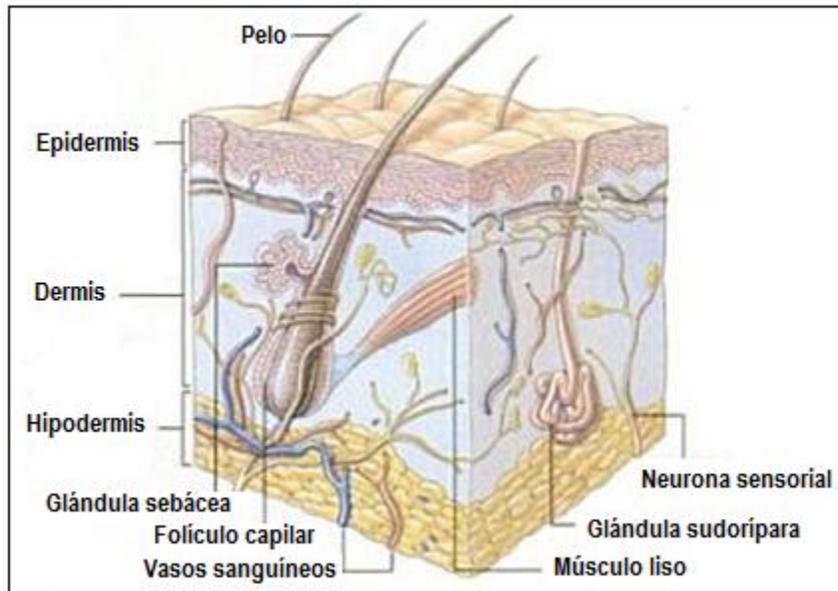


Figura 6. Estructura de la piel. Tomado de Taggart R.²⁰

La sudoración termorreguladora ocurre primero en la región frontal y en el cuero cabelludo, se extiende a la cara y al resto del cuerpo y por último aparece en las palmas y las plantas. La sudoración emocional, por el contrario, ocurre primero en las palmas, las plantas y las axilas. La sudoración está tanto bajo control nervioso, a través del sistema nervioso autónomo, como bajo control hormonal.²¹

Ciencia forense, química forense y criminalística

La ciencia forense se basa en la aplicación de los métodos científicos a los procesos de la materia que se involucran con un crimen. Existen muchas ramas de la ciencia forense debido a que las ciencias en general tienen alguna aplicación en los asuntos públicos y criminales.

La Química Forense es otra alternativa a los muchos caminos que puede seguir un químico en el ámbito de la investigación, además de ser una buena opción a la hora de hacer aportes significativos a la sociedad, donde su actuar, junto con su alto nivel de conocimiento analítico y su capacidad de manejo instrumental, es de vital importancia para descifrar las evidencias y contribuir a la búsqueda de la verdad.⁵

Uno de los principios fundamentales en los cuales se rige la Ciencia Forense y específicamente la Química Forense se basa en la premisa de que cuando dos objetos entran en contacto, habrá un intercambio entre estos. Es decir, “cada contacto deja un rastro”, frase que popularizó Edmund Locard, padre de la Criminalística moderna, provocando así un giro en la metodología investigativa. Es por esto que el químico forense rastrea este intercambio entre materiales (que pueden ser indicios o evidencias) y trae a la luz lo que es invisible a los ojos.⁵ Basándose en sus conocimientos y en las tecnologías desarrolladas, tiene la capacidad de rastrear sustancias o huellas que éstas dejan en una escena del crimen. El químico forense, por lo tanto trabaja con sustancias biológicas como saliva, semen, orina, sudor, lágrimas, etc.⁵

Entendemos por **evidencia** a la prueba determinante en un proceso judicial; puede utilizarse para designar a aquello que permite demostrar la verdad de un hecho de acuerdo a los criterios establecidos por la ley. Un **indicio** es todo elemento biológico o no biológico presente sobre el cadáver o en el lugar de un crimen, cuyo estudio permite determinar en los casos más favorables, la identidad del autor y las circunstancias de los hechos, su búsqueda y recolección es muy importante para la resolución del caso.²²

Existen dos tipos de indicios los determinados y los indeterminados. Los **indicios determinados** son aquellos que requieren solamente un análisis minucioso a simple vista o con lentes de aumento y que guarden la relación directa con el objeto o persona que los produce. Por su naturaleza física los podemos clasificar, por ejemplo, en armas, huellas dactilares e instrumentos.²²

Los **indicios indeterminados** requieren de un análisis completo para el conocimiento de su composición y estructura de acuerdo a su naturaleza física, pues de otra forma no estaríamos en la posibilidad de definirlos. Son, por ejemplo, pelos, fibras, semen, orina, vómito, manchas o huellas de sangre y pastillas desconocidas con o sin envoltura. Por lo tanto las manchas que trata el presente trabajo entran dentro de este tipo de indicios.²²

Principios de la criminalística

La criminalística son los conocimientos científicos y técnicos aplicados a la investigación criminal y se rige por cuatro principios que se mencionan a continuación:²³

- Principio de intercambio: Formulado por el investigador Locard, señala que en la comisión del delito el autor deja indicios de su parte y, a la vez, arrastra otros que provienen del lugar del hecho.
- Principio de correspondencia de características: Este principio hace posible establecer, después de un cuidadoso cotejo, que dos impresiones dactilares corresponden a la misma persona o que dos proyectiles fueron disparados por la misma arma.
- Principio de reconstrucción de fenómenos o hechos: Con base a la información criminalística seguida por los expertos en la materia, el conjunto de las evidencias recolectadas, los datos aportados durante la investigación y los testimonios vertidos por quienes presenciaron los hechos es posible efectuar una reconstrucción de los mismos lo más apegada a la verdad histórica .
- Principio de probabilidad: Permite deducir la probabilidad o imposibilidad de un fenómeno con base en el número de características verificadas durante el cotejo. Moreno González agrega "Es conveniente señalar de una vez que en criminalística, como en casi todas las disciplinas, nunca se alcanza la certeza absoluta".

Lugar de los hechos

Al sitio donde se forma la escena de un crimen se denomina **lugar de los hechos**, que es la fuente donde se encontrarán las manchas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor. Se define como el lugar material donde ha ocurrido un hecho que se hace necesario investigar, ya sea desde el punto de vista policial o judicial. Se debe considerar además, las inmediaciones del lugar en la medida que existan evidencias físicas asociadas al delito investigado. ²² El lugar de los hechos, según sus características, se puede clasificar en Abierto, cerrado y mixto.

El **lugar de los hechos abierto** es aquel cuyos límites no están claramente delimitados, por ejemplo, la montaña, la vía pública. **El lugar de los hechos cerrado** es aquel que tiene sus límites demarcados, por ejemplo, una casa, una habitación, una oficina. **El lugar de los hechos mixto** es aquel en que se combinan, sitios del suceso abiertos y cerrados en un mismo hecho, por ejemplo una casa y la vía pública.²²

Mancha

Entendemos por mancha la siguiente definición: son aquellas señales impresas en diversas superficies, producto de la secreción de fluidos corporales de los actores, de cualquier sustancia por ellos utilizada o de su depósito accidental, que ocasionan suciedades y cambios de color de fácil o difícil percepción.²

Clasificación de las manchas de importancia médico- legal

Las manchas que pueden ser objeto de estudio médico-legal son de una variedad infinita; se reducen, sin embargo, casi todas a la serie siguiente: Sangre, líquido seminal, meconio, pus, moco nasal y vaginal, saliva, unto sebáceo, líquido amniótico, leche, calostro, materias fecales orina y sudor. En esta investigación se abordaron las manchas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor.²⁴

Rastreo de manchas en general

Deben buscarse en zonas de elección o de mayor probabilidad y con previa fijación por medio de la fotografía, grabaciones en video, anotaciones (o descripción escrita) y diagramas o croquis tanto de la escena del crimen y otros objetos, registrando siempre su aspecto, localización, forma, dimensiones y coloración.^{6 y 4}

Cadena de custodia

La cadena de custodia es un procedimiento establecido por la normativa jurídica que tiene el propósito de garantizar la integridad, conservación e inalterabilidad de elementos materiales de prueba como documentos, armas de fuego, muestras orgánicas e inorgánicas, proyectiles, vainas, armas blancas desde el momento que son encontrados en el sitio del suceso o lugar de los hechos, hasta que son entregados en los laboratorios criminalísticos o forenses a fin de que sean analizados y así obtener por parte de los expertos, técnicos o científicos, los resultados periciales correspondientes. Su importancia radica en que garantiza la autenticidad de los elementos examinados asegurando que pertenecen al caso investigado, sin confusión, adulteración o sustracción. La cadena de custodia permite registrar de manera cierta y detallada cada paso que se da, con las evidencias encontradas en el sitio del suceso, de tal manera que permite mantener un control de flujo que esta desarrolla o experimenta a través de los diferentes sistemas (policial, laboratorio etc.) hasta llegar a las instancias judiciales. Este procedimiento, conforme a su finalidad, permite conocer en cualquier etapa de la tramitación del proceso, dónde se encuentra el elemento de prueba, quién lo tiene, nombre del perito a cargo, lógicamente garantiza la seriedad o transparencia del dictamen emitido por los peritos expertos de los diferentes laboratorios de criminalística ajustando a la rigurosidad y calidad exigida en la investigación; esta cadena se

manifiesta mediante un formulario de registro de información que debe ser iniciado por el personal especializado o experto que se hace presente en la escena del crimen para realizar las diligencias periciales propias de una investigación criminal. Las personas que participan inicialmente en la cadena de custodia son el personal policial que realiza labores de vigilancia y que llega primero a conocer el caso, sumándose a esta tarea los funcionarios y personas bajo cuya responsabilidad se encuentran los elementos de prueba respectivos durante las diferentes etapas del proceso penal. ²²

Para no perder la cadena de custodia es necesario embalar las evidencias de la siguiente forma:

- Anotar la ubicación y la condición de la evidencia.
- Número de averiguación previa o expediente.
- Fecha y hora en la que se recolectó la evidencia.
- Nombre de la persona a quien se tomó.
- Nombre del investigador que realizó la toma.
- Lugar donde se recolectó.

Para la recepción de la evidencia al laboratorio y mantener la cadena de custodia se procede de la siguiente forma:

- Observe el empaque, etiqueta, condición de sello y documentos.
- Anote cada paquete con marcas de identificación única, número de caso de laboratorio y fecha.
- Revise el número de documentación y compárelo con el formulario de entrega a fin de asegurar que se está recibiendo el objeto correcto.
- Anote, diagrame y/o fotografíe los contenidos del objeto de evidencia.
- Cheque el objeto contra el formulario de entrega a fin de asegurar que la descripción del artículo es correcta.
- Fotografíe, diagrame y/o anote la ubicación y condición de la evidencia biológica antes de hacer cualquier muestreo.

La mancha es, como la huella, un vestigio de primera categoría; ahora bien, mientras que el carácter más importante (desde el punto de vista de la investigación médico-legal) es la forma, en la mancha interesa su naturaleza o materia de que está constituida para ello existen técnicas o pruebas de campo y algunos autores clasifican éstas técnicas de la siguiente forma:

a) Pruebas de orientación

Son técnicas que tratan de revelar la naturaleza de una muestra pero no la aseguran, es decir sirven sólo para descartar, pero no para concluir.⁵

b) Pruebas de certeza

Permiten determinar el tipo de resto biológico analizado con seguridad. Un ejemplo es la visualización al microscopio de espermatozoides.⁵

c) Pruebas de especificidad

Permiten determinar el tipo de organismos al que pertenece el resto biológico. Una vez que se ha determinado el tipo de muestra que se va a analizar, interesa saber si se trata de una muestra humana o no.⁵

d) Pruebas específicas

Permiten determinar el tipo de organismo al que pertenece el resto biológico. Una vez que hemos determinado el tipo de muestra que hemos de analizar, interesa saber si se trata de una muestra humana o no como el estudio de ciertas regiones del ADN.⁵

1. SEMEN

El líquido espermático se constituye por espermatozoides y plasma seminal. Los espermatozoides adultos son filamentos móviles, de sesenta o más micras de longitud, se hallan abundantemente en el líquido que llena los tubos seminíferos, epidídimo, conducto deferente y vesículas seminales. Consta de tres partes: cabeza o núcleo, porción intermedia y cola. La cabeza en los espermatozoides humanos es piriforme y algo aplastada y parece compuesta de una materia cromática, homogénea rodeada de una membrana. La cola es larguísima y va disminuyendo su espesor hasta su punta, que es difícil discernir a causa de su extrema delicadeza. La pieza o porción intermedia es el segmento grueso comprendido entre la cola y la cabeza, comienza junto a esta por ligera estrangulación (cuello) y termina en su unión con la cola mediante una estría, no siempre bien perceptible. Usualmente contiene de 70 a 150 millones de espermatozoides por mililitro, el volumen promedio normal por eyaculación es de 2.5 a 3.5 mL. ⁶

Su color y aspecto es lechoso, algo opalescente, con filamentos vítreos y gránulos gruesos. La opalescencia es proporcional a la concentración de espermatozoides. Coagula inmediatamente después de la eyaculación y luego se licúa (por la presencia de enzimas licuantes como la fibrinolisisina y la fibrinogenasa) y tiene una densidad de 1.028 g/mL ⁶ La Tabla 1 muestra los constituyentes del semen.

Composición del Semen

Los principales componentes bioquímicos del semen se encuentran a continuación en la Tabla 1

Tabla 1. Composición bioquímica del semen

Ácido ascórbico	10 mg/dl
Ácido láctico	35 mg/dL
Ácido pirúvico	29 mg/dL
Calcio	7 mmol/L
Carbonatos	22-26 mmol/L
Cloruros	43 mmol/L
Fructosa	300 mg/dL
Glucosa	7 mg/dL
Magnesio	3.6 mmol/L
Potasio	2.3 mmol/L
Sodio	121mmol/L
Sorbitol	10 mg/dL
Cinc	2.1 mmol/L

La presencia de cinc debe su origen a la secreción prostática, la cantidad de fructuosa se debe a la secreción de las vesículas seminales y conductos deferentes, que constituye la principal fuente de

energía de los espermatozoides. Esta cantidad disminuirá con la edad y la abstinencia sexual. La presencia de glucosa y fructosa aumenta en los diabéticos. La secreción prostática origina ácido cítrico. También presenta otros ácidos como el pirúvico o el láctico que provienen del metabolismo general. Por la secreción epididimaria se encontrará carnitina, la cual interviene en la maduración y motilidad de los espermatozoides, la espermina es la sustancia que le da el olor característico al semen. También se encuentran prostaglandinas en el semen debido a la secreción de las vesículas seminales. El pH es alcalino (7.35 y 7.8, aunque se han encontrado especímenes con pH superior a 8). La cantidad normal de proteínas es de 35-55 g/L. ⁶

La autora Martha Franco de Ambriz quien es fundadora de la Academia Mexicana de Criminalística y profesora del INACIPE recomienda lo siguiente:

Rastreo de manchas o indicios seminales

- Si se trata de espacios cerrados, habrá que buscar indicios en el piso, las paredes, los muebles (sillones, sofás, recámaras entre otros por ejemplo).
- Igualmente deberán buscarse en las ropas de cama, en las prendas de la víctima y del sospechoso, así como en toallas, condones, pañuelos y papeles que pudieran haber servido para limpiarse los órganos genitales después del acto sexual.
- No se debe descuidar la búsqueda en los cuartos de baño.
- Los órganos genitales de la víctima y del victimario también deben ser motivo de un minucioso examen.
- Arriba de un vehículo se debe inspeccionar los asientos del automóvil.
- Cuando las telas son impermeables aparecen como pinceladas de barniz, cuando las telas son absorbentes forman manchas de color gris amarillo, bien delineadas y de consistencia almidonada. En las telas blancas las manchas se perciben mal y deben examinarse por transparencia, cuando son de color, han de examinarse a trasluz y por contacto para determinar la consistencia almidonada, sobre los pelos, constituye un magma grisáceo que los aglutina. ²
- En muestras líquidas intraorales se recogen de la zona retromolar o surco muco- gingival con pipeta o gotero seco, esto se lleva a cabo en delitos sexuales o sospecha de violación.

Rastreo según el tipo de manchas

Manchas líquidas

- Se utiliza una jeringa o pipeta descartable limpia para transferir el semen líquido a un tubo de ensayo.

Manchas secas

- En el caso de manchas secas hay que desprender (con ayuda de un bisturí limpio)⁴ con mucho cuidado las costras y depositarlas en un tubo de ensayo. Conviene separar cada zona topográfica.²
- Si se encuentra en telas u objetos transportables, deben enviarse sobre su mismo soporte al laboratorio, procurando no fraccionarlas para evitar la destrucción de los elementos *formes* (espermatozoides). Si las telas no son transportables, conviene recortar la mancha un centímetro más allá de su contorno y embalarla cuidadosamente.²
- Si el soporte es un objeto sólido no transportable, hay que macerar con suero salino fisiológico y recoger el líquido resultante con una pipeta y envasarlo (tubo de ensayo).²

Manchas húmedas

- Cuando la mancha es de semen húmedo en la ropa se deberá dejar secar al aire y se empacará de forma separada; preferentemente en bolsas de papel.⁴

Manchas en superficies no absorbentes que no se pueden mover

En superficies como pisos, mostradores y superficies de metal, se documenta la evidencia, se usa un bisturí limpio para raspar la mancha de semen a un pedazo de papel limpio. Otros autores recomiendan macerar con suero salino fisiológico y recoger el líquido resultante con una pipeta y envasarlo en un tubo de ensayo.⁴

- **Recolección y embalaje de las muestras de semen en el cuerpo de la víctima**

Para la recolección de estas muestras es necesario llevar en el maletín de trabajo: Tubos de ensaye de 15 cm de largo por 1 cm de ancho, que contendrán en su interior dos hisopos hechos en aplicadores de madera de 15 cm de longitud y que habrán sido esterilizados, laminillas porta objetos y ampollitas de solución salina estéril. ⁶

En los casos en los que la persona ofendida esté viva y en consideración a su estado anímico, la toma de la muestra deberá efectuarse únicamente mediante la intervención de profesionistas altamente calificados y del mismo sexo que la persona agredida, a fin de garantizar absoluta seriedad, discreción y respetabilidad. ⁶

El procedimiento consiste en tomar las muestras de la cavidad vaginal, anal u oral, por medio de hisopos contenidos en los tubos precitados, tomando éstas a la mayor profundidad posible. Deberán tomarse tres muestras como mínimo. ⁶

Al extraer el hisopo de la cavidad estudiada, se hará de inmediato un frotis sobre un porta objetos, teniendo especial cuidado de no pasar más de una vez el algodón del hisopo, sobre la misma superficie. ⁶

Se fijará el frotis aplicando la flama de un encendedor por debajo de la laminilla, si se está en el lugar de los hechos o en la agencia investigadora, y la flama del mechero, si el investigador se encuentra en el laboratorio; a continuación se introducirá ese mismo aplicador en un tubo y se añadirán aproximadamente dos mililitros de la solución salina estéril, tapando el tubo de inmediato. Esta muestra servirá para su observación microscópica en fresco. ⁶

Se tomará una segunda muestra con el hisopo humedecido con unas gotas de solución salina, mismo que se trasladará al tubo asignado como "2", que se destinará para la búsqueda de fosfatasa ácida y su cuantificación si es posible. ⁶

La tercera muestra tomada en idénticas condiciones, se destinará para futuras aclaraciones o confrontas. ⁶

En los cadáveres se tomarán las muestras en iguales condiciones, siempre lo más rápidamente posible para evitar la acción de la putrefacción sobre las muestras.

Las prendas de ropa interior, sábanas, pañuelos desechables, o cualquier otro objeto que se considere relacionado con el hecho, se embalarán en bolsas de plástico. ⁶

El autor Rafael Moreno recomienda las siguientes técnicas para la determinación de semen.

Técnicas utilizadas para la determinación de semen

- Fluorescencia.
- Determinación química de Fosfatasa ácida.
- Determinación de Proteína P-30, mediante inmunoensayo o de Antígeno prostático específico (PSA).
- Características organolépticas: color, olor, textura, etc.
- Detección de cristales de espermina y colina mediante cromatografía en capa fina.
- Identificación de cristales de colina y espermina.
- Determinación de isoenzimas: PGM, PGI, G-6-PD, Pep A, etc. Mediante inmunoelectroforesis.
- Determinación de cinc, calcio, cobre, fierro, potasio y magnesio, mediante espectrofotometría de absorción atómica.
- Identificación microscópica.
- Sustancias del grupo ABO

Fluorescencia

La fluorescencia es la emisión de la luz causada por la excitación de moléculas con la luz a una longitud de onda específica.⁶

El líquido espermático, contiene flavinas en alta concentración y son las responsables de impartir fluorescencia blanco verdosa al semen cuando las manchas de este son observadas a la luz ultravioleta; por lo tanto este procedimiento es de gran utilidad para la localización topográfica de posibles huellas espermáticas, tanto en el lugar de los hechos como en prendas de vestir.⁶

Se hace la búsqueda de las manchas en condiciones de oscuridad en el lugar de los hechos, principalmente en las prendas de cama, paredes, piso, papeles. En el caso de la víctima principalmente en la espalda, glúteos, entrepierna, muslos. Si se observa luminiscencia azul se considera la posible presencia de líquido seminal.²

Los métodos de fluorescencia son atractivos porque proporcionan un camino rápido no destructivo; sin embargo el resultado negativo de un examen fluorescente no excluye la presencia de semen y otros métodos tienen que ser empleados.²⁵

Se han hecho investigaciones sobre manchas seminales en diferentes tipos de tela y color como en algodón blanco, lana verde oscura, y poliéster rosa; las manchas sobre telas como algodones y poliéster se absorben más rápido.²⁵

La fluorescencia no debe ser usada como un método aislado para la determinación de semen, pero es una técnica valiosa cuando se usa junto con otros métodos.²⁵

Determinación química de fosfatasa ácida

La fosfatasa es una enzima que se encuentra en todos los líquidos y células del organismo humano, por lo cual se puede encontrar en sangre, orina, saliva, secreciones vaginales y semen (en el plasma), entre otros. El semen tiene mayor cantidad de unidades de fosfatasa que suelen ser hasta de 400 unidades; los otros líquidos tienen como máximo 20 unidades.²⁶

En criminalística, el resultado positivo de la prueba de la fosfatasa ácida indica que hubo actividad sexual, definida por el depósito de semen en la vagina, pero no establece quien es el violador. La prueba es colorimétrica, y exige encontrar la coloración adecuada de cada enzima, la probable presencia de espermatozoides suministra una coloración específica. La prueba se considera positiva en caso de presencia de líquido seminal si hay más de 25 unidades King- Armstrong (U.K.A.), y es negativa cuando hay menos de dichas unidades.²⁶

La aparición de una coloración violeta intensa en la muestra problema, dentro de un tiempo no mayor a 5 minutos, indicará la presencia de fosfatasa ácida en cantidades mayores a 20 U.K.A. y por lo tanto la muy probable presencia de semen; en el testigo positivo siempre deberá observarse la intensidad de color arriba señalado, tonalidad que no deberá aparecer en el testigo negativo.²⁶

De los muchos métodos propuestos para determinar la fosfatasa ácida el más aceptado es el método de Hillman. El método está basado en la hidrólisis del α -naftilfosfato a pH 5.0 por la acción de la fosfatasa ácida (FAC) produciéndose α -naftol y fosfato inorgánico (Pi).

El α -naftol reacciona con una sal de diazonio: el rojo rápido (Fast Red TR) formándose un complejo coloreado directamente proporcional a la actividad de la FAC presente en la muestra que absorbe a 405 nm.²⁷ La reacción se muestra en la figura No. 7.

Fundamento del método colorimétrico

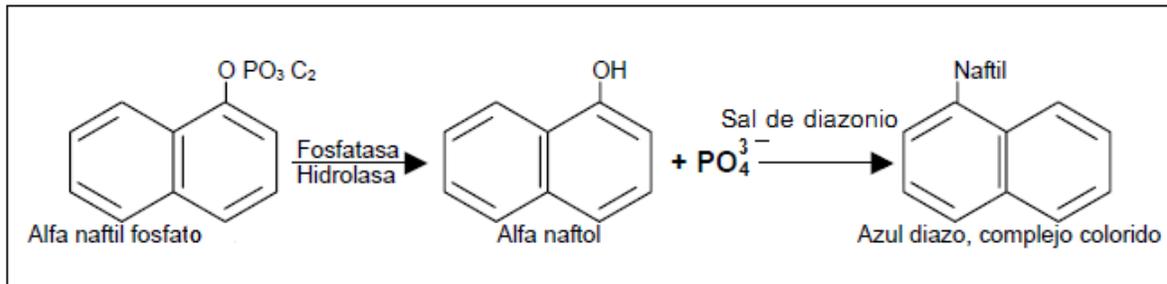


Figura 7. Tomado de Estrada F.C.A.²⁷

La fosfatasa ácida se debe usar en conjunción y no como sustituta. Kaye informó en 1951 que manchas guardadas a temperatura ambiente durante 3 años todavía dan fuertes positivos a la fosfatasa ácida.³⁰

Preparación de reactivos para determinar la fosfatasa ácida.

Solución I

- Ortodiazonina tetrazotizada 1g
- Acetato de sodio 20g
- Acido acético glacial 10 mL
- Agua destilada 100 mL

Solución II (sustrato)

- Naftil fosfato de sodio 0.8g
- Agua destilada 10 mL

Tomar 10 mL de solución I, mas 89 mL de agua destilada y un mililitro de solución II, se mezclan y guardan en refrigeración en frasco ambar.⁶

Tomar 0.5 mL del sobrenadante y adicionarle 10 gotas del reactivo y esperar máximo 5 minutos.⁶

En caso positivo se observa una coloración violácea.⁶

Los reactivos deben estar recientemente preparados ya que se ha encontrado que el compuesto diazo comienza a precipitar después de 12 hrs.⁶

Determinación de antígeno prostático específico

El PSA (también conocido como P 30)* es una glucoproteína (parte carbohidrato, parte proteína) que se encuentra normalmente en el citoplasma de las células del epitelio prostático. Este antígeno puede detectarse en todos los varones, si bien su nivel se eleva de forma significativa en los pacientes con cáncer de prostata.²⁸

El PSA es un marcador válido para la detección de semen en las pruebas de casos criminales, incluyendo las muestras depositadas por vasectomía o por individuos azoospermicos, es una prueba de confirmación.²⁹

Los métodos para la detección de PSA incluyen la doble difusión de Ouchterlony, electroforesis, inmunolectroforesis, inmunodifusión radial y ELISA, sin embargo, algunos de estos procedimientos tienen una baja sensibilidad o son engorrosos y lentos para actuar en un laboratorio forense. PSA basados en la membrana se han desarrollado y están disponibles comercialmente, estas pruebas son sencillas y rápidas de realizar, requieren un equipo mínimo y producen resultados que son fáciles de interpretar y ofrecen la misma sensibilidad que las pruebas ELISA. Por este método se puede detectar hasta 4 ng/ mL. La interpretación de resultados es positivo si se marcan las dos líneas, la de control y la de la muestra y es negativo si se marca solo la de control. ²⁹

Técnica por inhibición de la fosfatasa ácida seminal y vaginal con ácido L- tartárico

Tanto las fosfatasas seminales como las vaginales son inhibidas por el ácido L- tartárico. La formación de un precipitado violeta intenso con tamaño de partícula grande, procedente de la fosfatasa ácida seminal, es diferente al precipitado café rojizo con menor tamaño de partícula, de origen no prostático. ⁶

El principio es similar al señalado por la técnica anterior; la fosfatasa ácida puede hidrolizar ciertos fosfatos orgánicos en medio ligeramente ácido. El sustrato en este procedimiento es el alfa naftil fosfato de calcio. ⁶

Test cristalográficos

Los test cristalográficos fueron los primeros test no morfológicos propuestos para semen cuya vigencia ha persistido hasta relativamente poco tiempo. El primer documento sobre el tema apareció en 1986, y los test son todavía usados en algunos laboratorios. ⁶

En 1895 y 1896, el Dr. Florence en Lyon publicó una serie de documentos refiriendo sus estudios en fluido seminal y su aplicación médico-legal. En el tercer documento, el ahora familiar test de Florence fue introducido y parece haberse considerado principalmente como un test presuntamente útil que ahorraría el tiempo requerido para concluir una búsqueda cuidadosa para células de esperma en cada mancha seminal sospechosa. El reactivo se prepara con 1.65 g de KI y 2.54 g de yodo en 30 ml de agua. Se comprobó que el test era bastante sensible y siempre se obtenía positividad con manchas seminales. Los cristales característicos que aparecían no se formaban a partir de mucus nasal, vaginal, orina, sudor, saliva, lágrimas, leche, fluido cerebral o descarga leucorreica, ni con varias muestras de semen animal ensayados. El componente seminal que daba origen a los cristales fue llamado virispermina.²⁹

De Dominicis en 1912 propuso una modificación del test. Pensó que este método era específico, y tenía valor médico-legal. En 1907, Lecha-Marzo dijo que el test no era específico para semen humano.²⁹

Hektoen y McNally en 1923 consideraron que un test de Florence positivo podía entrañar una posibilidad, pero un test negativo indica la ausencia de semen inequívocamente.²⁹

Los métodos cristalográficos actualmente ya no son usados por los investigadores.³⁰

Colina libre

El francés Albert Florence, nacido en 1851, descubrió una de las primeras técnicas para reconocer huellas de líquido seminal; se basaba en el hecho de que, al tratar una muestra de este espécimen con una solución concentrada de yodo alcalino, se producían cristales rómbicos de color rojo parduzco, formados por la colina libre.⁶

Se dice que el semen humano contiene de 11.2 a 14.4 mg de colina/100 mL de semen.

Test de Barberio

Barberio médico italiano, trató las manchas seminales con solución de ácido pícrico y obtuvo cristales amarillos de picrato de espermina.⁶

Test de Puranen

En 1936, Puranen propuso un test microquímico para semen usando ácido dinitronaftolsulfónico, o Naftol Amarillo S, como reactivo. Este compuesto, como el ácido pícrico, reacciona con espermina

para formar cristales naranja característicos. Berg en 1949 estudió la reacción en profundidad. Pensó que el test era seminal- específico pero no humano-específico.⁶

Métodos cromatográfico y electroforético

Los métodos cromatográfico y electroforético que se han propuesto como adecuados para identificar manchas seminales están basados en la separación e identificación de una o más sustancias de peso molecular más bajo encontrado en semen en concentraciones particularmente altas. En principio éstos son colina, espermina y espermidina.⁶

Esterasas de esperma y seminal

Esterasas no específicas en esperma fueron descritas por Beckman y Kjesslar en 1968. De gran interés para la identificación de mancha seminal eran las esterazas de plasma seminal.³⁰

Tran Van Ky y Muller, 1968, llevaron a cabo un estudio claramente extenso de algunas de las enzimas en plasma seminal humano. En 1970, Darwiche y colaboradores, usando una variedad de método electroforético cruzado, ensayaron el método de identificación de esteraza con manchas seminales. Comprobaron que las enzimas eran relativamente termoestables.³⁰

Hermaun en 1972 describió una colinesterasa y una aliesterasa no específica en plasma seminal, ambas de las que eran detectables en complejos antígeno-anticuerpo seguido de inmunoelectroforesis. Más tarde se aseveró que era de origen prostático.³⁰

Espermina

Las concentraciones de espermina en el plasma seminal humano normal varían de 50 a 350 mg/dL y se generan sobre todo en la glándula prostática, que es la fuente más rica de espermina en el organismo.

La espermina $[\text{NH}_2 - (\text{CH}_2)_3 - \text{NH} - (\text{CH}_2)_4 - (\text{CH}_2)_4 - \text{NH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{NH}_2]$ es una poliamina alifática básica. Cuando se deja reposar semen a temperatura ambiente, la fosfatasa ácida media la hidrólisis enzimática de la fosforilcolina seminal para formar iones fosfato inorgánico libres, que luego interactúan con la espermina y precipitan como grandes cristales salinos traslúcidos de fosfato de espermina.³²

En la eyaculación hay otras aminas con carga positiva en concentración elevada, entre ellas colina y fosforilcolina, que se suelen hallar como componentes de lípidos o como factores lipotróficos. El semen de los mamíferos es rico en colina $[(\text{CH}_3)_3 - \text{N} - (\text{CH}_2)_2 - \text{OH}]$. En los seres humanos

predomina la fosforilcolina, mientras que en la mayoría de las demás especies se encuentran valores muy superiores de α – glicerilfosforilcolina, que a menudo exceden 1g/ dL de plasma seminal. Seligman y colaboradores (1975) demostraron que la fosforilcolina es un sustrato muy específico de la fosfatasa ácida prostática que también es activa en el plasma seminal. El resultado de esta actividad enzimática es la rápida formación de colina libre en la primera eyaculación. ³²

Sin embargo los métodos que incluyen la detección de espermina, colina o antígenos de semen son los menos utilizados. ³¹

Determinación de cinc por espectrofotometría de absorción atómica

Es un método analítico que determina la cantidad de cinc en manchas de semen en telas, de marcada sencillez y fácil ejecución, que posibilita, a partir de las determinaciones analíticas del citado metal en ciertas manchas existentes en telas correspondientes a ropas de uso de personas que hayan podido sufrir actos de violación, comprobar y aseverar en función de los valores de cinc hallados, que dichas manchas pertenecen ciertamente a especies seminales, ya que solamente éstas pueden contener en su composición una cantidad de cinc susceptible de ser cuantificada con completa fiabilidad, lo que constituye un hecho mucho más problemático, caso de tratarse de otras especies biológicas, que pudieran ser las causantes del origen de la mancha, cuyas concentraciones del elemento han de ser inferiores a las del semen. ³⁰

El calcio y el magnesio se encuentran presentes en el semen a concentraciones mas superiores que del cinc, pero carecen de calidad específica ya que también se encuentran en otras especies biológicas además de semen y por lo tanto no son específicos de semen como lo es el cinc. ³⁰

El calcio y el magnesio no son fiables ya que se ha encontrado que las telas poseen cantidades superiores de estos metales de tal forma que invalida el resultado arrojado por la misma mancha. Esto con el cinc no ocurre, puesto que a pesar de que este metal está presente en la composición de las telas, es inferior al determinado en la mancha. ³⁰

La toma de muestra se realiza de la siguiente manera, se corta un pedazo de tela, se deposita en un tubo de vidrio, después y de la misma tela pero en una zona alejada de la mancha que esté completamente limpia se corta otro pedazo de tela, se coloca en otro tubo de vidrio, el análisis de este último dará el valor del blanco, esto es el contenido de cinc en la tela este valor se restará al de la muestra. A las muestras se le añade 0.4mL H₂SO₄ concentrado y se espera hasta que se impregne bien el círculo, para después adicionar 0.6 mL de HNO₃ concentrado; se deja unos minutos y se somete a una calefacción relativamente suave, al mantenerlos a una temperatura entre 60 y 70°C durante 1 hora, o más tiempo si fuera necesario, con el fin de obtener una disolución completa de la muestra. ³⁰

Durante este proceso, conviene mantener una vigilancia discreta de su desarrollo para evitar cualquier ataque turbulento o cualquier proyección que permitan originar pérdidas de la misma. Una

vez conseguida la total solubilización de la muestra se deja estar hasta alcanzar la temperatura ambiente, y acto seguido se adiciona agua a cada tubo hasta un volumen final de 4 mL.³⁰

Se construye la correspondiente gráfica de calibración con el empleo de las soluciones patrón de trabajo al ser aspiradas en la llama. Se pasa a continuación a procesar las diferentes muestras ya preparadas, para que una vez recogidos los datos analíticos proporcionados por las mismas se proceda a la realización de los cálculos.³⁰

Identificación microscópica

El examen microscópico permite visualizar, en algunas ocasiones, la presencia de espermatozoides; dato que confirma, sin duda alguna, que la mancha es de esperma. Debido que la estructura de los espermatozoides varía de una especie animal a otra, es posible determinar su origen.² También es importante identificar el origen biológico de las manchas o clasificar las especies en origen humano o animal.³³ En la Figura 8 se muestra la comparación entre el esperma de conejo y perro y en la Figura 9 se muestra el esperma humano.

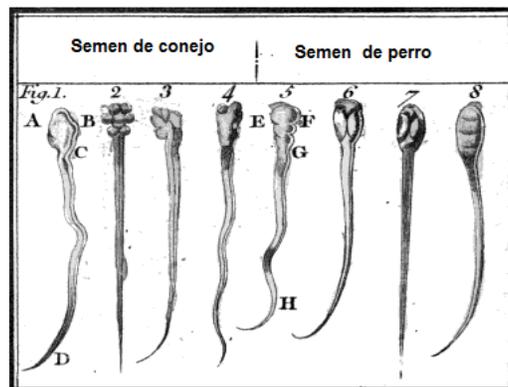


Figura 8. Semen de conejo y de perro. Tomada de Leclerc Buffon.³³

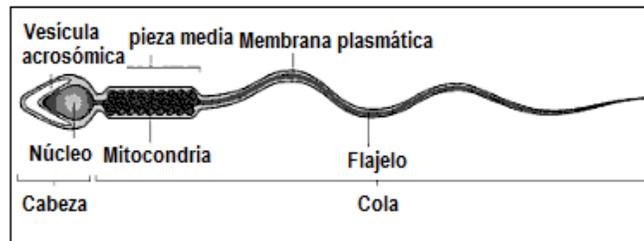


Figura 9. Semen humano, Tomada de Wolpert.³⁴

El hecho de no descubrir un espermatozoide completo, no debe conducir a la conclusión de que la mancha no es esperma. La no detección de células espermáticas puede atribuirse a varias razones:

- ✓ La deshidratación de los espermatozoides en la mancha los hace frágiles y se rompen en cabezas y colas.
- ✓ Los espermatozoides se adhieren tenazmente al tejido, resultando a menudo muy difícil su elución.
- ✓ Cuando la difusión de los espermatozoides no es uniforme en la mancha, y cuando se emplean técnicas de extracción y tinción directas del tejido manchado, se corre el riesgo de investigar una parte donde no existan espermatozoides.³¹

Técnicas de tinción de espermatozoides

Por este método la cabeza se tiñe de color rosa y el cuerpo medio y el tallo se observan de color azul.⁶

Preparación de los reactivos

1. Colorante de cristal violeta

Solución A

- Cristal violeta.....2g
- Alcohol etílico absoluto.....20 mL

Solución B

- Oxalato de amonio.....0.8 g
- Agua destilada.....80 MI

Mezclar las soluciones A y B y envasar en frasco gotero color ámbar.⁶

2. Solución iodo iodurada (lugol)

- Iodo metálico.....1g
- Ioduro de potasio.....2g
- Agua destilada.....300 MI

Diluir 1:15 en agua destilada antes de usarla.

3. Decolorante

Alcohol etílico absoluto (95%)

4. Colorante de safranina

Safranina (2.5% en alcohol etílico)10 mL
Agua destilada.....100 mL

Procedimiento

El frotis o una gota de suspensión problema, se secan ligeramente al calor del mechero o bien se fijan con metanol.

- Añadir el reactivo de cristal violeta hasta cubrir la muestra y dejarlo actuar durante 1 minuto;
- Lavar con agua destilada.
- Cubrir nuevamente el portaobjetos con la solución B durante 1 minuto; tirar el exceso de lugol y decolorar con agitación utilizando el reactivo número 3 durante 30 segundos.
- Lavar con agua destilada y observar al microscopio con aceite de inmersión y el objetivo correspondiente.

Interpretación

Las células espermáticas aparecerán teñidas: la cabeza de color rosa y el resto del cuerpo y cola azules.⁶

Técnica de tinción de semen con azul de metileno

- Colorante azul de metileno.....1g
- Alcohol etílico absoluto (95%).....30 mL
- Agua destilada.....100mL
- Acético glacial.....5mL

Disolver el azul de metileno en el etanol, añadir el ácido acético y el agua destilada.⁶

Procedimiento

Fijar el frotis que contiene la muestra problema por medio de calor:

- Cubrir la preparación con el colorante azul de metileno.
- Dejarlo actuar durante un minuto.
- Retirar el colorante y lavar con agua.

- Observar al microscopio con aceite de inmersión.

Interpretación

Los espermatozoides se observarán coloreados tanto la cabeza como cuerpo y cola de color azul como se muestra en la Figura 10.

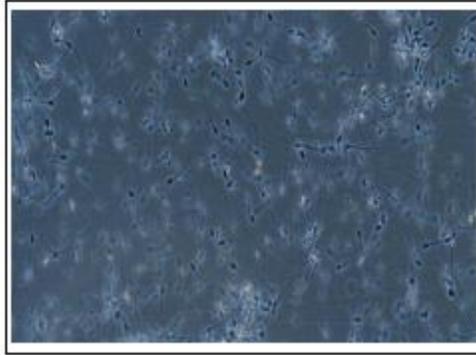


Figura 10. Tomado de Corona M. D.A.³⁵

Técnica de Christmas Tree para teñir semen

Preparación

- Colorante rojo rápido nuclear.....50 mg
- Sulfato de aluminio.....2.5g
- Agua destilada.....100mL

Calentar a ebullición, los 100 mL, de agua destilada y disolver en ellos el sulfato de aluminio; adicionar el colorante rojo rápido nuclear; mezclar con agitador mecánico, hasta disolución completa.⁶

Enfriar y filtrar en papel Wathman No. 1.⁶

Almacenar en frasco gotero ámbar a una temperatura entre 2 y 8°C.⁶

Colorante índigo carmín:

- Acido pícrico.....1.3g
- Índigo carmín.....0.23g
- Agua destilada.....100 mL

Disolver el ácido pícrico en los 100 mL de agua; añadir los 0.23g de índigo carmín; mezclar perfectamente con agitador mecánico. Guardar en frasco gotero ámbar.⁶

Procedimiento

Una vez fijado el frotis, añadir dos gotas de rojo rápido nuclear y dejarlo reposar en cámara húmeda durante 15 minutos (puede utilizarse una caja petri, colocando en la base y el interior de la tapa, un papel filtro húmedo).⁶

Lavar con agua desionizada, durante 5 segundos, añadir una gota de el colorante número 2 y dejarlo reposar durante 15 a 30 segundos.⁶

Lavar con etanol absoluto para decolorar, secar por 5 minutos.⁶

Interpretación

Al observar al microscopio, el núcleo del espermatozoide, aparecerá el color rojo. El acrosoma y la cola, de color verde.⁶ Como se muestra en la Figura 11.

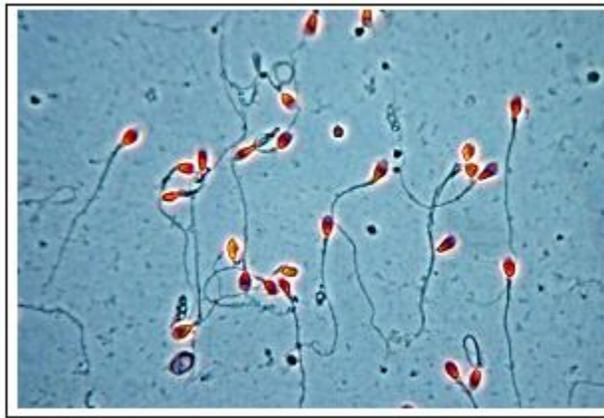


Figura 11. Tomado de Corona M.D.A.³⁵

2. SALIVA

La saliva como evidencia física es mucho menos frecuente que la sangre o el semen; el actor puede dejar este tipo de rastros, bien porque por alguna circunstancia escupió en la escena o porque utilizó algún recipiente para beber algo, como un vaso, tasa, botella, copa, cuchara o por ser fumador dejó deliberada o inconscientemente la colilla de su cigarro o tabaco o las boquillas utilizadas para el efecto o inclusive su pipa, como también pudo haber arrojado el chicle que mascaba. En secuestros o robos en que se amordaza a la víctima, la excitación que le produce aumenta su salivación y espuma al tratar de liberarse de su mordaza, de manera que cuando estos rastros no aparecen el investigador deberá plantearse la posible simulación del delito.²

La presencia de saliva puede hallarse igualmente en delitos sexuales sobre el cuerpo de la víctima, incluso en lesiones personales, puede estar presente en las mordeduras.² La Tabla 2 muestra la composición de la saliva.

Composición de la saliva.

Tabla 2. Composición de la saliva

Ácido úrico	1.5 mg/dL	0.09 mmol/L
Amilasa	80-625 U Wohlgemuth	
Calcio	4-10 mg/dL	1-2.5 nmol/L
Cloro	15-25 mEq/L	15-25 mmol/L
Colesterina	5-25 mg/dL	0.1-7.6 nmol/L
Fósforo	20 mg/dL	6.6 mmol/L
Glucosa	12-28 mg/dL	0.6-1.5 nmol/L
Mucina	100-600 mg/dL	
pH medio	6.3	
Potasio	20 mEq/L	20 mmol/L
Proteínas	20-200 mg/dL	200- 2.000g/L
Reserva alcalina	15-20 vol CO ₂ /dL	
Sodio	14 mEq/L	14 mmol/L
Sodio/ Potasio	1.3 (0.8-1.8)	
Urea	22-30 mg/dL	3.6-5 mmol/L

También encontramos en la saliva: carbonatos, fluoruros, tiocianatos, cobre, plomo y cadmio. Se encuentran además mucinas que son proteínas ricas en prolinas como la lipasa, peroxidasa, lisozima, lactoferrina, IgA secretora, hormonas esteroideas, azúcares, aminoácidos, amoníaco, urea, y otras sustancias procedentes de la sangre. ⁵

Rastreo de manchas de saliva

- Sobre las telas las manchas de saliva son blanquecinas o amarillentas, en el suelo aparecen como rastros de caracol con aspectos de focos brillantes.³⁷
- En el caso de soporte impermeable presenta la forma de pequeñas costras- escama diferenciándose de las manchas de esperma; éstas son más grandes y con almidonamiento, mientras que la saliva son restos pequeños y la mancha aparece cuarteada.³⁷
- Dos maniobras muy comunes en este tipo de delitos son los besos y las mordeduras, esto hace necesario la búsqueda de este vestigio biológico en zona peribucal, rostro de la víctima, cuello, parte superior del tórax y el pecho. ⁵
- En casos excepcionales y dependiendo de cómo se relaten los hechos, en el abdomen, nalgas y extremidades superiores (sobre todo hombros y región superior de los brazos), así como en extremidades inferiores (especialmente en toda la cara interna de la región superior de los muslos). ⁵

Recolección y embalaje de manchas de saliva

Para la recogida de objetos portadores de posibles manchas de saliva es aconsejable hacerlo con pinzas, evitando tocar las prendas con la mano. ³⁷

Se recolectan siguiendo los mismos procedimientos de recolección de muestras líquidas o secas dubitadas (cuestionadas). ⁵

Al igual que con los fluidos ya nombrados se recomienda especial cuidado con la cadena de refrigeración, dado que la mayoría de los análisis son de naturaleza bioquímica y en ellos se busca su actividad enzimática, la cual se puede perder por la acción de la temperatura, humedad o contaminantes. ⁵

Las manchas de saliva deberán ser recolectadas como están o retiradas de su substrato por medio del raspado o cortado en botellas de plástico o vidrio. ⁴

Saliva Líquida

- En las personas se recoge la saliva en copos de algodón estéril por raspado de la cavidad bucal y se deja secar. ²
- En mordeduras se recoge la saliva en los copos de algodón estéril previamente humedecido con agua destilada y luego se dejan secar. ²
- En la escena, se utiliza una jeringa para transferir el contenido en un tubo estéril y se dejan secar. Debe colectarse un blanco control. ²
- En manchas presentes en prendas y objetos como timbres postales, pipas, cigarrillos, vasos, sobres, o en los chicles, entre otros. Se deben enviar al laboratorio, por supuesto, secos y debidamente embalados y etiquetados. ²
- Cuando la mancha es saliva húmeda en la ropa se deberá dejar secar al aire y se empacará de forma separada; preferentemente en bolsas de papel. ⁴

Técnicas utilizadas para la determinación de saliva

- Fluorescencia. ³⁹
- Detección química de moco, amilasa, albúminas, sulfocianatos, tiocianatos, nitritos, fosfatasa alcalina. ³⁹
- Identificación microscópica de células pavimentosas de la boca y de la faringe, así como ciliadas de las vías respiratorias. ³⁹
- Sustancias del grupo ABO solubles en agua, están presente en la saliva de los individuos secretores de tales sustancias (aproximadamente el 85% de la población en México) y pueden determinarse por el método de absorción- inhibición, ya que se encuentra en grandes concentraciones en esos individuos. ⁶
- Determinación de amilasa por difusión radial. ⁴²

Fluorescencia

Debido a la existencia de mucosidades, la mancha de saliva, observada con lámpara de Wood da fluorescencia azulada. ³⁷

Sulfocianatos

Los sulfocianatos se caracterizan porque en medio clorhídrico dan color rojo por el cloruro férrico. ³⁹

Fosfatasa Alcalina

Los niveles de fosfatasa alcalina en saliva se determinan mediante una tira reactiva. ³⁹

Luz ultravioleta

La saliva puede ser detectada presuntamente por la fluorescencia que ésta presenta bajo la luz ultravioleta, la cual es blanca azulosa. Esta técnica tiene buen valor en la búsqueda de manchas presuntamente originadas por el depósito de saliva sobre el cuerpo de las víctimas, principalmente de asalto sexual. ⁵

Identificación Microscópica

Los estudios microscópicos son los mejores métodos que diferencian a los fluidos como saliva orina y sudor. Estos estudios son en su mayoría, estudios histológicos de coloraciones de contraste, especiales para células típicas de cada fluido o búsqueda de estructuras intra o extracelulares específicas de cada fluido biológico que indican el origen de dicho material de estudio. ⁵

Células de saliva

Las células pavimentosas proceden del revestimiento de las vías aéreas superiores, desde la boca a las cuerdas vocales. Son células poligonales que generalmente descaman aisladas, de citoplasma basófilo, las de estratos intermedios y bajos, y acidófilas las más superficiales y maduras, con núcleos centrales, más pequeños redondeados y de cromatina fina. La irritación del epitelio provoca células discarióticas, de citoplasma más denso y acidófilo y núcleos con engrosamientos cromatínicos. ⁴¹ La Figura 12 muestra las células pavimentosas que se encuentran en la saliva.

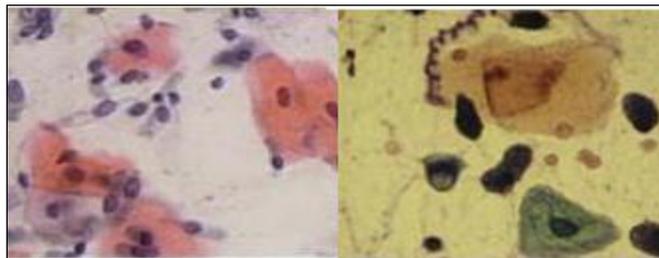


Figura 12. Células superficiales del epitelio pavimentoso de cavidad oral, faringe o laringe.
Tomado de Rodríguez C.J.⁴¹

Sustancias del grupo ABO

Aproximadamente el 80% de los individuos son secretores del grupo ABO en saliva, en ésta es mucho mayor que la sangre, en los no secretores hay bajas concentraciones, esta prueba es más confiable para la saliva que para la sangre. Sin embargo en algunos casos los resultados son contradictorios y no se pueden determinar con certeza. ⁶

Técnica para determinar las sustancias del grupo ABO

La autora Martha Franco recomienda lo siguiente:

Preparación de reactivos para determinar el grupo ABO en semen y saliva

1. Suero anti- A. Diluir 3.5 mL. de antisuero con 450 mL. de Buffer salino, se deben utilizar sueros selectos.
2. Suero Anti- B Diluir 1mL del suero con 450 mL del Buffer salino.
3. Anti- H lectina. Se utiliza como viene el producto comercial.
 - a) Na_2HPO_4 anhidro 1/15 molar (4.47 gramos por litro).
 - b) KH_2PO_4 anhidro 1/15 molar (9.09 gramos por litro).

Solución final:

72 mL de la solución a) más 28 de la solución b), más 8.5 gramos de NaCl disueltos en 1,000 ml de agua destilada.

En esta forma se obtendrá un pH de 7.2.⁶

Preparación de las células testigo

Hacer suspensiones al 2% de eritrocitos de grupos conocidos O, A y B, en buffer salino.⁶

Preparación de las muestras

Fragmentos de tela de 1X1 mm, se impregnan con la muestra problema y con los testigos. Cada uno de los fragmentos se coloca en los tubos respectivos.⁶

Aplicación de la técnica

1. Colocar tres gotas de anti- A a la hilera de Anti- A; tres gotas de anti- B en su hilera y tres gotas anti- O en la hilera de anti- O.
2. Agitar vigorosamente.
3. Dejar que se efectúe la absorción durante toda la noche en refrigeración a 4 grados centígrados.
4. Centrifugar
5. Remover el sobrenadante y colocarlo en una lámina hemoclasificadora.
6. Agregar una gota de suspensión de eritrocitos al 2% de A₁ en cada uno de los tubos de la hilera de anti- A; una gota de células B en la hilera de anti- B y del grupo O en la hilera anti O.
7. Agitar mecánicamente durante 10 a 12 minutos y esperar 9 minutos más.
8. Leer los resultados al microscopio.

	Problema	Control	Testigos
Anti- A	○	○ A	○
Anti- B	○	○ B	○
Anti- O	○	○ O	○

Interpretación

1. Si se observa aglutinación con anti- A y con anti- B, pero no con anti – O, el grupo será O.
2. Si hay aglutinación en los tubos con anti- B y con anti- H, pero no en el de anti- A, el grupo es A.
3. Si hay aglutinación con anti A y con anti- O, pero no con anti- B, el grupo será B.
4. Si no existe aglutinación con anti- A ni con anti- B, pero sí con anti- O, el grupo es AB.⁶

Identificación por amilasa salival

Su método de identificación, se lleva a cabo investigando uno de los componentes mayoritarios como es la amilasa. Esta técnica fue implementada desde 1928 y se basa en la investigación de la acción hidrolítica de la enzima amilasa sobre el sustrato almidón, dicha hidrólisis puede diferenciarse fácilmente con solución yodada.⁵

En 1974 Willot fue el primer científico que aplicó una técnica de color para la detección de amilasa en extractos de muestras de interés forense. En ella se realiza una extracción de la muestra a partir del soporte seco y se detecta la presencia de la enzima a través de una reacción de color.⁵

Difusión radial

La prueba de difusión radial es menos específica y puede dar resultados falsos positivos, especialmente en las manchas contaminadas con material biológico. La versión más común emplea un gel de agarosa que contiene 1% de almidón.⁴²

Un extracto de la muestra desconocida se coloca en un pozo perforado en el gel y se deja difundir. Cualquier amilasa en la muestra hidroliza el almidón ya que se difunde y produce un área clara en el gel después de la tinción con solución estabilizada de yodo.⁴²

El tamaño del área libre es proporcional a la cantidad de amilasa en la muestra, que se determina mediante la comparación de la zona despejada con una serie de amilasas tipo cuyas concentraciones están en el rango 0.002 a 200 UI. La relación es lineal logarítmica.⁴²

3. ORINA

La orina es un líquido amarillo y translúcido que se forma en los riñones. Estos filtran el plasma eliminando productos de desecho y reabsorbiendo las sustancias necesarias. La orina pasa de los riñones a los uréteres y a la vejiga. De la vejiga, por la uretra, sale al exterior. ⁴³

El adulto produce de 1 a 1.5 litros en 24 horas. Este volumen varía según la cantidad de líquido ingerido y el líquido perdido por otros motivos: sudor, diarrea, vómitos. ⁴³

Constituyentes de la orina

Los principales constituyentes de la orina son agua en un 90%, urea, ácido úrico, creatinina, sodio, potasio, cloro, calcio, magnesio, fosfatos, oxalatos, sulfatos y amoníaco. ⁴³

El pH de la orina puede variar entre 4.6 y 8, pero en promedio se encuentra alrededor de 6, de modo que por lo general es ligeramente ácido. Entre las proteínas normalmente excretadas existe una mucoproteína denominada “proteína de Tamm- Horsfall”, que no está presente en el plasma ya que es secretada por los túbulos renales.⁴⁴

Rastreo de manchas de orina

- Este fluido puede encontrarse en el sitio del suceso en forma líquida o en forma de manchas, dependiendo esta circunstancia de la naturaleza del soporte. ²
- Se puede hallar solo o asociado con meconio, excremento, semen, sangre, entre otros. ²
- Se presenta en forma de manchas de color amarillento y de un olor *sui generis*. ²

Recolección y embalaje de manchas de Orina

Orina líquida

- Deberá ser transferida a un recipiente limpio, y esterilizado (botella de plástico o de vidrio) tan pronto como sea posible. ⁴
- Cada recipiente deberá ser sellado y etiquetado adecuadamente. ⁴

- Deberá ser almacenada en un refrigerador y enviada al laboratorio tan pronto como sea posible. ⁴
- Deben ser recolectadas como están o retiradas de su substrato por medio del raspado o cortado. ⁴
- Cada muestra se colecta en un recipiente de papel limpio. Los raspados o cortes deberán ser recolectados en un “doblado farmacéutico” que se haga de un pedazo de papel limpio. Luego el “doblado farmacéutico” se coloca en un recipiente secundario de papel. ⁴
- Los recipientes deberán ser sellados y etiquetados adecuadamente. ⁴
- Cuando la mancha es saliva húmeda en la ropa se deberá dejar secar al aire y se empacará de forma separada; preferentemente en bolsas de papel. ⁴

El autor Rafael Moreno recomienda las siguientes técnicas:

Técnicas para la determinación de orina

- Características organolépticas: olor, color amarillento, densidad (1.010-1.025 g/mL) etc.
- Luminiscencia
- Fluorescencia
- Diagnóstico genérico: Determinación de urea, creatinina, ácido úrico, fosfatos, cloruros.
- Aglutinógenos ABO por la orina ⁶

Fluorescencia

Las manchas de orina también pueden ser reveladas sobre tejidos por su fluorescencia blanco celeste, o blanco brillante bajo la acción de la luz ultravioleta. ⁵

Sin embargo, siempre debe comprobarse la fluorescencia propia del soporte, por cuanto concierne a las áreas no manchadas ²

Determinación de la urea por medio de la ureasa

La urea es un producto final del metabolismo de las proteínas y, a menudo representa el 80 y hasta el 90% del nitrógeno urinario total. La cantidad de urea urinaria suele ser proporcional a la ingesta de

proteínas de la dieta y disminuye en los casos de enfermedad del hígado como la cirrosis. La enzima ureasa proporciona un medio simple de detectar la urea en una mancha y catalizan la reacción. ⁴⁵ La reacción se presenta en la Figura No. 13.

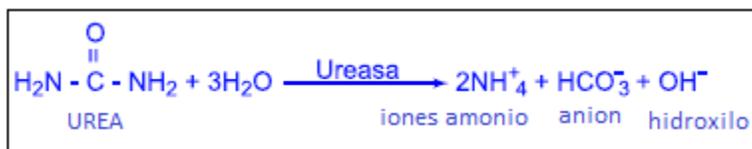


Figura. 13. Tomado de Beckman Coulter®. No. 45.

La presencia de urea y creatinina permite determinar que se trata de una mancha de orina.

Determinación de creatinina en orina

La creatinina y la urea son compuestos componentes característicos de la orina. Ambos pueden ser relativamente fácil de estimar y, cuando se encuentran juntos indican la presencia de orina en una mancha. ³⁹ El fundamento de la reacción se muestra en la Figura 14.

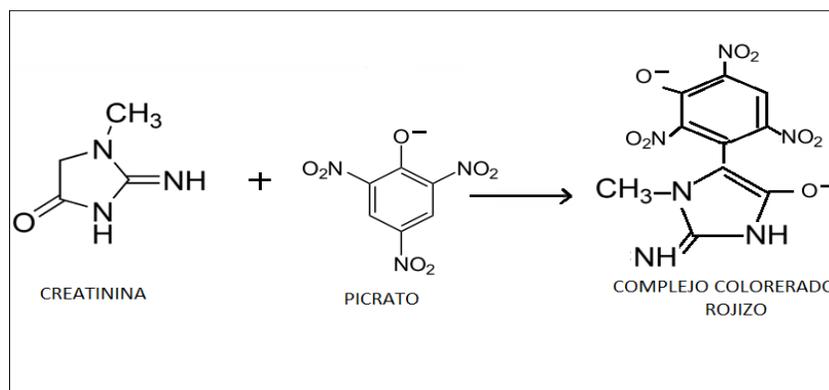


Figura 14. González H.A. ⁴⁶

Determinación de ácido úrico

El ácido úrico es un compuesto nitrogenado procedente del catabolismo de la purina un componente básico del ácido desoxirribonucleico (ADN). Este compuesto se excreta en grandes cantidades por el riñón y en menor grado por el intestino. Cuando los niveles de ácido úrico son altos es posible que el paciente tenga gota. ²⁸ El fundamento de la reacción se muestra en la Figura 15.

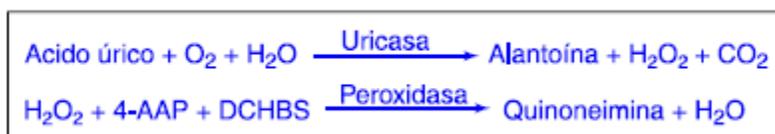


Figura 15. Tomado de Beckman Coulter®. ⁴⁵

Determinación de aglutinógenos ABO por orina

En los sujetos secretores existe eliminación de aglutinógenos ABO por la orina. Sin embargo el profesor argentino Carlos A. Guzmán señala que “ninguna técnica forense de rutina, disponible, brindará información confiable sobre el tipo de sangre, a partir de la orina. Lo mismo opinan F. Cunliffe y P.B. Piazza “la determinación de los grupos sanguíneos en la orina de los secretores no es confiable. ²

Células

Las células del epitelio tubular (riñón y uréter). Se denominan de vías altas. Tienen unas dimensiones, aproximadamente un tercio mayores que los leucocitos. Pueden tener prácticamente el mismo diámetro en todas direcciones (células cuboideas) o estar alargadas según un eje (células columnares). Las de uréter (17, 19 y 20) tienen un pequeño núcleo, mientras que las renales (ver Figuras 16 y 18) poseen un núcleo abundante. Son características las células en raqueta procedentes de la pelvis renal. Las células de vejiga, su diámetro es de dos a cuatro veces mayor que el de los leucocitos. Su forma tiende a ser piriforme o redondeada a veces con una prolongación en forma de cola. El núcleo es oval o redondo y pequeño. Las células de uretra (ver Figuras 21, 22 y 23) son grandes y aplanadas con diámetro variable según el grado de madurez. Típicamente, el núcleo está reducido a una pequeña masa de cromatina con membrana nuclear intacta. Las células pavimentosas de vagina (ver Figura 24) tienen forma de huso o de hoja, dobladas sobre sí mismas, observándose con frecuencia en la orina de mujeres sobre todo en la edad madura y embarazo.



Figura 16. Célula Renal 1



Figura 17. Célula urotelial superficial



Figura 18. Célula Renal 2



Figura 19. Célula urotelial Intermedia



Figura 20. Célula urotelial Basal

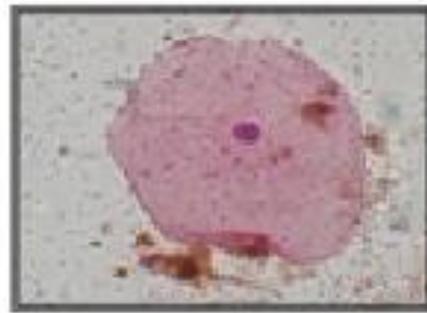


Figura 21. Célula uretral Superficial



Figura 22. Célula uretral Intermedia



Figura 23. Célula uretral Basal



Figura 24. Célula pavimentosa de vagina

Figuras No. 16-24. Tomadas de curso de uroanálisis impartido en el HGM por el químico Alejandro Olivares formato CD. En el año 2011, las células fueron teñidas con el colorante Sterheimer Malbin.⁴⁸

4. SUDOR

El sudor es una sustancia acuosa que se expulsa del organismo a través de la piel. Se trata de una secreción producida por las glándulas ecrinas y apocrinas como respuesta a un estímulo, que puede ser causado por la temperatura, estado emocional, intensidad de un esfuerzo físico etc.²⁰ Es una pérdida de líquido que arrastra sustancias minerales, además de desechos celulares y toxinas. Las manchas de sudor pueden encontrarse en diversos sitios, producidas ya sea por factores emotivos, esfuerzo físico, en gorras de pasamontañas del delincuente, o por casos patológicos (víctima o victimario) el sudor es pues un vehículo de limpieza que elimina sustancias que el organismo desecha.³⁶

Normalmente el sudor es incoloro aunque puede presentar variaciones en distintas enfermedades o por la administración de fármacos.³⁶ A continuación se muestra en la Tabla 3 la composición del sudor:

Tabla 3. Composición normal del sudor

Ácido láctico	45-452 mg/dl	Promedio 28 mEq/L
Ácido úrico	0.7-2.5 mg/dl	Promedio 28 mEq/L
Sodio	16-46 mEq/L	Promedio 10 mEq/L
Cloro	8-43 mmol/L	
pH	3.8-5.6	
	mmol/L	
Potasio	6-17 mEq/L	
Urea	12-57mg/dl	
Densidad	1.001-1.006	
Nitrógeno total	27-64 mg/dL	

El autor Álvaro Vivas Botero recomienda lo siguiente para el rastreo de las manchas de sudor:

Rastreo de las manchas de sudor

- Así como se desprenden cabellos, pueden caer gotas de sudor al delincuente en el lugar de los hechos. La tensión nerviosa a que está sometido es factible que le aumente la sudoración y además pueden presentarse otros factores acelerantes como la temperatura, el ejercicio físico que haya hecho el actor, de manera que al apoyarse en paredes, puertas o ventanas puede dejar impregnaciones con líquido propio de su sudor y crear incluso manchas al tener contacto con polvo u otra sustancia.

- Pueden encontrarse en la escena pañuelos u otras prendas (abrigo, bufandas, trapos para limpiar) que haya olvidado o en su afán se le hayan caído al delincuente, en ellas, además del sello de marca que algunas puedan contener, su particular sudor que le identifica.

Recolección y embalaje de las manchas de sudor

- Las prendas, de encontrarse húmedas, se dejan secar al medio ambiente y se remiten en empaques individuales, debidamente etiquetados al laboratorio.
- En el caso de las manchas en la escena, se les da el mismo tratamiento que el recomendado para su colección en semen.

L. Rafael Moreno recomienda las siguientes técnicas para la determinación de sudor:

Técnicas para la determinación de sudor

- Identificación de componentes orgánicos: ácido láctico, urea, albúmina, aminoácidos, creatinina, isoglutinógenos.
- Identificación de componentes Inorgánicos: sodio, potasio, calcio, fosfatos, sulfatos, cloruros, etc.
- Células. Ver Figura 25.

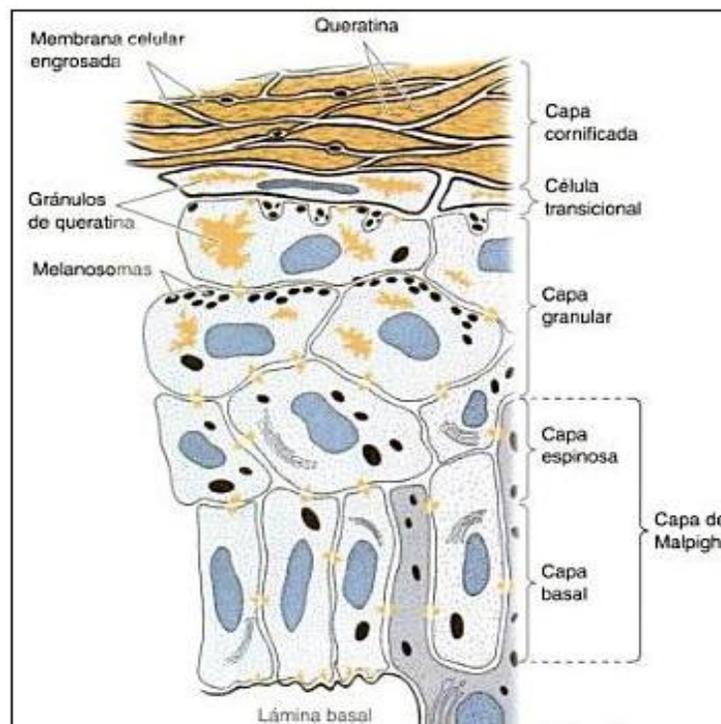


Figura 25. Capas de la dermis humana Tomado de Gilbert.F.S.⁴⁹

5. LÁGRIMAS

Las lágrimas resultan de la suma de las secreciones de las glándulas lagrimales principales (acuosa), accesorias de la conjuntiva (mucosa) y palpebrales (fosfolipídica). Su aparato secretor produce una secreción diaria de 30 gotas (1.5 mL). El pH de las lágrimas es más elevado que el de la sangre, y su temperatura es de 30-35 ° C; contienen un 98% de agua, de las enzimas oculares, la más importante es la lisozima (ausente en el suero sanguíneo). Las lágrimas se encuentran en casos de delitos contra la vida, el honor sexual y secuestros (en vendajes que han sido utilizados para cubrir los ojos).⁵⁰

La composición química se presenta a continuación en la Tabla 4.⁵⁰

Tabla 4. Diferencias entre electrolitos y sólidos de la sangre y las lágrimas

	Lágrimas	Suero sanguíneo
Electrolitos	mEq/L	mEq/L
HCO ₃ -	26	21-30
Cloro	128	98-106
Potasio	24.1	4.1-5.6
Sodio	145	136-145
Sólidos (gramos por ciento)		
Proteínas totales	0.67	6-7.5
Albúmina	0.39	5-5.5
Globulinas	0.16	2.5-3

El autor Garg Ashok recomienda las siguientes técnicas para la determinación de lágrimas:

Técnicas para la determinación de lágrimas

- Determinación de lisozima
- Determinación de lactoferrina
- Proteínas lagrimales
- Urea

Lisozima lagrimal

Fleming descubrió una sustancia antibacteriana y demostró que era una enzima que denominó lisozima debido a su capacidad de lisar bacterias. En las lágrimas normales la concentración de lisozima es mucho más alta que en cualquier otro líquido orgánico. ⁵¹

Los niveles normales de lisozima lagrimal varían de 2 a 4 mg/ mL y hay varios sistemas de análisis para determinar la concentración de lisozima de las lágrimas. Los enfermos con síndrome de Sjogren presentan mayor producción de lisozima. ⁵¹

Lactoferrina lagrimal

La prueba lactoplate es un análisis de inmunodifusión que se practica en un gel de agarosa que contiene antisuero de conejo contra Lactoferrina humana. La prueba lactocard es un enzimoimmunoanálisis (ELISA) en fase sólida que sólo requiere 2µL de lágrimas. Esta es una prueba rápida y simple que se mide por colorimetría mediante un espectrómetro de reflectancia preciso. ⁵¹

Proteínas lagrimales

Ceruloplasmina

La ceruloplasmina, una proteína transportadora de cobre, se detecta con regularidad, en las lágrimas por medio de electroforesis. ⁵¹

Inmunoglobulinas

La inmunoglobulina A (IgA) es la principal inmunoglobulina de las lágrimas. Los niveles promedio de IgA en la lágrima humana normal son de 14 mg/ dL. ⁵¹

También se encuentra en las lagrimas la inmunoglobulina G (IgG) el nivel promedio es de 17 a 20 mg/100 mL.⁵¹

Urea

Se ha observado que la concentración de urea en el líquido lagrimal y el plasma es equivalente. La concentración de urea de las lágrimas disminuye a medida que aumenta la velocidad de secreción.⁵¹El fundamento de la reacción se presenta en la Figura 26.

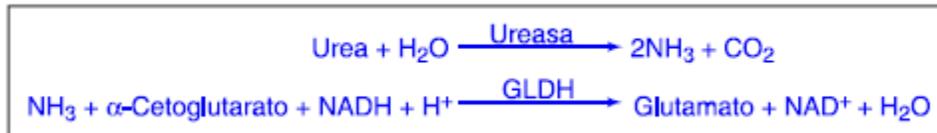


Figura 26. Tomado de Beckman Coulter®.⁴⁴

Sin embargo, las lágrimas como no tienen células nucleadas no son adecuadas para realizar análisis de ADN.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente trabajo se explican las diferentes metodologías y técnicas que se llevan a cabo para determinar la naturaleza biológica de una mancha en el lugar de los hechos, así como la manera correcta de colectarlas; esto es muy importante desde el punto de vista médico- legal debido que entre los vestigios que el autor deja muy frecuentemente, y que a veces se lleva de sobre sí mismo, están las manchas.

Las manchas son aquellas señales impresas en diversas superficies, producto de la secreción de fluidos corporales de los actores, de cualquier sustancia por ellos utilizada o de su depósito accidental, que ocasionan suciedades y cambios de color de fácil o difícil percepción. La mancha es pues como la huella, un vestigio de primera categoría; ahora bien, mientras que el carácter más importante (desde el punto de vista de la investigación médico- legal) es la forma, en la mancha interesa su naturaleza o materia de que esté constituida.

Con respecto a la investigación de una mancha de semen, los métodos de fluorescencia son atractivos porque proporcionan un camino rápido no destructivo; sin embargo el resultado negativo de un examen fluorescente no excluye la presencia de semen y se tienen que emplear otros métodos, como la prueba de la fosfatasa ácida o la determinación de PSA. En criminalística, el resultado positivo de la prueba de la fosfatasa ácida indica que hubo actividad sexual, definida por el depósito de semen en la vagina, pero no establece quien es el violador. Por otro lado el PSA es un marcador válido para la detección de semen en las pruebas de casos criminales, incluyendo las muestras depositadas por vasectomía o por individuos azoospermicos, es una prueba de confirmación.

El examen microscópico permite visualizar, en algunas ocasiones, la presencia de espermatozoides; dato que confirma, sin duda alguna, que la mancha es de esperma. Asimismo, debido a que la estructura de los espermatozoides varía de una especie animal a otra, es posible determinar su origen. Sin embargo es importante considerar que el hecho de no descubrir un espermatozoide completo, no debe conducir a la conclusión de que la mancha no es esperma. La no detección de células espermáticas puede atribuirse a varias razones como que la deshidratación de los espermatozoides en la mancha los hace frágiles y se rompen en cabezas y colas; los espermatozoides se adhieren tenazmente al tejido, resultando a menudo muy difícil su elución; así también cuándo la difusión de los espermatozoides no es uniforme en la mancha, y cuando se emplean técnicas de extracción y tinción directas del tejido manchado se corre el riesgo de investigar una parte donde no existan espermatozoides.

En referencia a la saliva cabe comentar que como evidencia física es mucho menos frecuente que la sangre o el semen; el actor puede dejar este tipo de rastros, bien porque por alguna circunstancia escupió en la escena o porque utilizó algún recipiente para beber algo, como un vaso, taza, botella,

copa, cuchara o por ser fumador dejó deliberada o inconscientemente la colilla de su cigarro o tabaco o las boquillas utilizadas para el efecto o inclusive su pipa, como también pudo haber arrojado el chicle que mascaba.

La presencia de saliva puede hallarse igualmente en delitos sexuales sobre el cuerpo de la víctima, incluso en lesiones personales, puede estar presente en las mordeduras.

Para el estudio de manchas de saliva es muy importante su manejo y colección y pueden utilizarse pruebas de fluorescencia o determinaciones químicas como la de amilasa, sin embargo la detección microscópica de células pavimentosas de la boca y de la faringe, así como ciliadas de las vías respiratorias puede resultar de mayor confiabilidad; también la investigación de sustancias del grupo ABO solubles en agua es importante ya que están presentes en la saliva de los individuos secretores de tales sustancias (aproximadamente el 85% de la población en México) y pueden determinarse por el método de absorción-inhibición, ya que se encuentra en grandes concentraciones en esos individuos. Sin embargo en algunos casos los resultados son contradictorios y no se pueden determinar con certeza.

Con respecto a las manchas de orina igualmente es muy importante la recolección y embalaje, y se pueden realizar pruebas presuntivas como la observación de las características organolépticas: olor, color amarillento, densidad (1.010 – 1.025 g/ mL); prueba de fluorescencia blanco celeste, o blanco brillante bajo la acción de la luz ultravioleta. Así como un diagnóstico genérico: Determinación de urea, creatinina, ácido úrico, fosfatos, cloruros. También se han detectado aglutinógenos ABO por la orina. Sin embargo los estudios microscópicos son los mejores métodos que diferencian a los fluidos como saliva, orina y sudor. Estos estudios son en su mayoría, estudios histológicos de coloraciones de contraste, especiales para células típicas de cada fluido o búsqueda de estructuras intra o extracelulares específicas de cada fluido biológico que indican el origen de dicho material de estudio.

Las técnicas microscópicas también al observar las células pueden darnos información sobre la condición del individuo analizado, por decir si padece de los riñones son datos que llegarían a excluir a victimarios.

En el caso de rastreo del sudor, así como se desprenden cabellos, pueden caer gotas de sudor del delincuente en el lugar de los hechos. La tensión nerviosa a que está sometido es factible que le aumente la sudoración y además pueden presentarse otros factores acelerantes como la temperatura, el ejercicio físico que haya hecho el actor, de manera que al apoyarse en paredes, puertas o ventanas puede dejar impregnaciones con líquido propio de su sudor y crear incluso manchas al tener contacto con polvo u otra sustancia. Generalmente se identifican sus componentes orgánicos: ácido láctico, urea, albúmina, aminoácidos, creatinina, isoglutinógenos; y sus componentes inorgánicos: sodio, potasio, calcio, fosfatos, sulfatos, cloruros, etc. Finalmente el estudio microscópico de las células de descamación es el mejor método para identificar su procedencia.

Las lágrimas se encuentran en casos de delitos contra la vida, el honor sexual y secuestros (en vendajes que han sido utilizados para cubrir los ojos). En estos casos se realiza la determinación de lisozima, determinación de Lactoferrina y de proteínas lagrimales tales como la ceruloplasmina, IgA e IgG. Sin embargo como no tienen células nucleadas no son adecuadas para realizar análisis de ADN.

En general las manchas de semen, sudor, saliva y orina son importantes ya que como las células que contienen son nucleadas se pueden utilizar para su posterior análisis de ADN.

Si se llevan a cabo las técnicas de identificación para cada tipo de mancha en cuestión, se puede llegar a su determinación y entonces ya se puede decir frente a qué tipo de mancha se está tratando y ya no se aventura a suponer el tipo de fluido biológico sino se tiene plena certeza del tipo de mancha.

El área forense emplea técnicas de otras áreas del conocimiento, por decir el área clínica para poder determinar algún analito en cuestión por ejemplo la urea, la creatinina, etc. Se puede decir que la Química Forense es un área prácticamente nueva, donde un químico, puede echar mano de las bases y conocimientos de su formación profesional.

CONCLUSIONES

Se tiene como conclusión que se elaboró una tesina que comprende las principales técnicas presuntivas y de confirmación de manchas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor presentes en el lugar de los hechos, de esta manera ya no se aventura a decir que a simple vista que una mancha es de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor, auxiliará al investigador o al laboratorio forense.

Se presenta la forma de colección y embalaje de las manchas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor.

La técnica ideal para la determinación de semen en muestras de pacientes azoospermicos u oligospermicos o incluso con vasectomía es la de PSA o antígeno prostático específico.

Las técnicas de tinción para semen permiten la visualización de los espermatozoides, y se trata de una prueba de certeza. Sin embargo es importante considerar que el hecho de no descubrir un espermatozoide completo, no debe conducir a la conclusión de que la mancha no es esperma.

Las manchas originadas por semen, saliva, orina, y sudor son importantes para el análisis de ADN ya que contienen células nucleadas y puede llegarse a la identificación del individuo.

La saliva aunque es menos frecuente encontrarla como evidencia, se puede relacionar con otros delitos como en casos de secuestros y violaciones por lo que analizar este tipo de manchas puede llegar a esclarecer como ocurrieron los hechos y obtener información de los actores.

Las coloraciones de contraste también permiten la diferenciación celular en manchas de orina si el perito químico es experimentado para diferenciarlas lo más común es utilizando el colorante para sedimentos urinarios el Sterheimer Malbin es en estos casos donde el químico puede tomar las herramientas del área clínica aplicado a la ciencia forense para determinar la mancha en cuestión.

Los estudios microscópicos son los mejores métodos que diferencian a los fluidos como saliva, orina y sudor. En estos estudios se observan las células típicas de cada fluido o búsqueda de estructuras intra o extracelulares específicas de cada fluido biológico que indican el origen de dicho material de estudio.

Las técnicas de orientación como la fluorescencia proporcionan un camino rápido no destructivo para las manchas biológicas de semen, saliva, orina y sudor. Sin embargo no se deben de usar para concluir.

En este tipo de fluidos se debe tener especial cuidado con la cadena de refrigeración ya que la mayoría de los análisis son de naturaleza bioquímica se puede perder la actividad enzimática a causa de la temperatura, humedad y contaminantes.

Como conclusión final se tiene que todas las técnicas tanto las de orientación y confirmación son aplicables y complementarias unas con otras y nos sirven para esclarecer los presuntos delitos pero es necesario que se cuenten con los recursos económicos para poder llevarlas a cabo pues en ocasiones los costos son muy elevados como el análisis de ADN y esto hace que dichos delitos queden impunes.

GLOSARIO

Meconio: Se le da este nombre a los excrementos que el niño evacúa en los dos o tres primeros días después del nacimiento.

Unto sebáceo: Está formado por una mezcla de secreción lipídica de las glándulas sebáceas fetales y de células epidérmicas muertas.

Filamento: Hebrillas, hilillos de plantas y hierbas.

Piriforme: Compuesto culto a partir del latín [pirum](#), 'pera', y el elemento compositivo [-formis](#), '-forme' o 'con forma de'.

Cromática: Adjetivo que se aplica al colorido armónico, cuyo fundamento se halla en la combinación de coloraciones comprendidas en un intervalo de doce tonalidades básicas, o bien ocasionalmente, de veinticuatro.

Opalescente: Es un tipo de [dicroísmo](#) que aparece en [sistemas muy dispersados](#), con poca [opacidad](#). Estos materiales adquieren un aspecto lechoso, con [irisaciones](#).

Vítreo: Adjetivo. De vidrio

Tapioca: Fécula blanca de la raíz de la mandioca.

Coagular: Cuajar

Licuar: Hacer líquida una cosa sólida o gaseosa.

Ácido pirúvico: Es un [ácido alfa-ceto](#) que tiene un papel importante en los procesos bioquímicos. El anión [carboxilato](#) del ácido pirúvico se conoce como **piruvato**.

Ácido láctico: También llamado ácido carboxílico, con un grupo hidroxilo en el carbono adyacente, al grupo carboxilo, lo que lo convierte en un ácido α - hidroxílico (AHA). En solución puede perder el hidrógeno unido al grupo carboxilo y convertirse en el anión lactato.

Sorbitol: Es un [polialcohol](#) o [alcohol polihídrico](#) de azúcar descubierto por el francés Boussingault en 1872 en las bayas de [serbal de cazadores](#) o [capudre](#) ([Sorbus aucuparia](#) L.)

Divan: Sofá

Embalar: Envolver, empaquetar, poner en cajas.

Zona topográfica: Es la representación en dos dimensiones (en un plano) y a escala de una zona de la superficie terrestre.

Flavinas: Es una [base nitrogenada](#) cuya cadena principal es una sustancia [heterocíclica nitrogenada](#) de tres anillos y dos grupos oxo, conocida como isoaloxazina. Su nombre viene del [latín](#) *flavus* (amarillo), ya que en su forma oxidada es amarilla (y en su forma reducida es incolora).

Glándulas écrinas: Se encuentran en la mayoría de la superficie de la piel y son responsables de la regulación de la temperatura. Cuando la temperatura del cuerpo sube más de 37° -39°, son estimuladas para liberar un líquido salado e inodoro directamente sobre la superficie de la piel. Cuando el líquido se evapora, el cuerpo se enfría.

Glándulas apócrinas: Se encuentran principalmente en el cuero cabelludo, axilas, ingle, y pechos. Estas glándulas secretan un sudor oleoso inodoro en el túbulo de la glándula, que es entonces empujado a la superficie de la piel durante, por ejemplo, el estrés emocional. La descomposición de las bacterias que naturalmente habitan la piel, este sudor aceitoso, la liberación de amoníaco y ácidos grasos combinados forman un cocktail de olor fuerte.

UI: Unidad de material biológico como enzimas, hormonas, vitaminas, etc. Establecida por la Conferencia Internacional de Unificación de fórmulas.

King Armstrong: Unidad de medida equivalente a 0.1 nanómetro (10^{-10} m).

REFERENCIAS

- 1.- Montiel SJ. Criminalística. México: Limusa; 1993: 1-30.
- 2.- Vivas BA. El lugar de los hechos: referencia al sistema penal acusatorio. Bogotá: Leyer; 2006: 189-205
- 3.- Valdebenito G, Zenteno M, Báez C. Química forense: Química analítica aplicada a la criminología. [Artículo en línea]. Ciencia ahora. 2007: 19, <http://www.ciencia-ahora.cl/Revista19/01QuimicaForense.pdf>, [Consulta: 3 Mayo 2010.].
4. - Henry CL, Gaensslen PH, Bigbee PD, James JK. Guía para la recolección y preservación de evidencia del ADN. Departamento de Justicia de los Estados Unidos de América: Despacho Federal de Investigaciones. 3-6, 14-23.
- 5.- Salcedo MC. Manejo de la evidencia física de posible fuente biológica: Programa Editorial Universidad del Valle; 2007:75-80.
- 6.-Franco AM. Hematología forense. 3ª ed. México: Porrúa; 1999: 79-81, 101-131.
- 7.-Gutiérrez C. Principios de anatomía, fisiología e higiene. México: Limusa. 2004:267 - 270.
- 8.-González F, Sánchez M, Solís R. Diversificación I ámbito científico tecnológico. Madrid: Editex; 2008 :170
- 9.-Goldstein B, Glejzer C. Sexualidad padres e hijos. Buenos Aires: Albatros; 2006: 31.
- 10.- Heelein S. Contribución al estudio de la inseminación artificial con espermatozoides del cónyuge. Tesis México: UNAM; 1991:17

- 11.- Thews G, Mutschler E, Vaupel P. Anatomía, fisiología y patofisiología del hombre. Barcelona: Reverte; 1983: 345- 346.
- 12.- Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana, descriptiva, topográfica y funcional. 11ª ed. España: Elsevier; 2006:268.
- 13.-Bontrager K. L, Lampignano J.P. Proyecciones radiológicas con correlación anatómica. 7ª ed. España: Elsevier; 2010: 530.
- 14.-Rodríguez P.M. Anatomía, fisiología e higiene. México: Progreso; 1971: 131- 134.
- 15.- Thibodeaw G.A, Patton K. T. Estructura y función del cuerpo humano. 13ª ed. España: Elsevier; 2008: 451.
- 16.- Ingraham J.L, Ingraham C.A. Introducción a la microbiología. Barcelona: Reverte; 1998: 589.
- 17.- Novel M. G. Enfermería médico quirúrgica. 2ª ed. España: Masson; 2005:51-52.
- 18.- Moore K.L, Dalley A.F. Anatomía con orientación clínica. 5ª ed. México: Panamericana; 2006:962.
- 19.- Kierszenbaum A. Histología y biología celular 2ª ed .España: Elsevier. 2008; 347.
- 20.- Taggart R. Biología. México: Cengage; 2008: 568.
21. - Ross M. H, Wojciech P. Histología. 5ª ed. México: Panamericana; 2007:512
- 22.- Fuertes R. J., Cabrera F. J. *et al.* Manual de ciencias forenses. España: ARÁN; 2007:137,171-172, 316.
- 23.- Wahel H. Glosario de criminología y criminalística. México: Flores; 2011:400-401

- 24.- Cortés C.C. Tratado de medicina legal. 3a ed. Colombia:Unab;1996:28525. - Hilton JK. Effectiveness of fluorescence for the detection of semen stains on fabrics. J. Forensic Sci. 2002: 47:1-5.
26. -Grandini GJ. Medicina forense: Aplicaciones teórico-prácticas. 2ª ed. México: Manual Moderno; 2009:96.
- 27.- Estrada F.C. A. Principales métodos de análisis de semen en los casos de violaciones. Tesis. Lic.México. UNAM FES- Z. 2006: 95
- 28.- Deska PK. Guía de Pruebas Diagnósticas y de Laboratorio. 5ª ed. Madrid: Mosby; 2001: 130, 323 y 435.
29. -Hochmeister MN, Budowle B, Rudin O, Gehrig C, Borer U, Thali M, Dirnhofer R. Evaluation of antigen (PSA) membrane test assays for the forensic identification of seminal fluid. J. Forensic Sci. 1999; 44:1057-1060.
30. -García GF. Estudio experimental de la determinación de zinc en manchas de semen y su aplicación médico –legal. Madrid 1994: 19-22 y 35-82.
31. -Sarmiento R, Morris H. Marcadores para el diagnóstico genérico en la investigación criminalística de semen. Revista cubana de química 2000 Vol. 15 No.1:57.
- 32.-Campell – Wals. Urología. 9a edición tomo III. España: Panamericana; 2007: 2717.
33. -Leclerc B.G. Historia natural general y particular.Tesis. Madrid: Universidad Complutense; 1924: 248.
34. -Wolpert J, Laurence, Meyerowitz, Robertson, Smith. Principios del desarrollo. México: Médica Panamericana; 2010: 432.

- 35.- Corona M. D.A. Técnicas para la identificación y confirmación de líquido seminal en manchas recolectadas en el lugar de los hechos. Tesis. Lic. México. UNAM FES-ZAR. 2010:52- 53.
36. -Prieto VJ. La clínica y el laboratorio. 12ª ed. España: Masson; 2006: 247-248, 251-252.
37. -Somosa Castro Olegario La muerte violenta inspección ocular y muerte del delito. Madrid: La ley; 2004: 178.
38. -Vargas A.E. Medicina forense y odontología médica. México: Trillas; 1991: 530-537.
39. -Moreno RL. Los indicios biológicos del delito. 2ª ed. México DF: Ubijus; 2006: 45-54, 67-99.
40. -Serrano A. Programa de planificación familiar. Madrid: Díaz de Santos; 1999: 157.
41. - Rodríguez C.J., Vázquez A. Aparato respiratorio I. Madrid: Díaz de Santos; 2003: 7-8, 29.
42. - Culliford J. B. The examination and Typing os bloodstains in the crime laboratory. England: Nile CJ; 1972: 543.
43. - King SS, [Canterbury](#) DL. Líquidos Corporales y Análisis de Orina. México DF: El Manual Moderno; 1991: 56- 175.
44. - Graff SL. Análisis de Orina, Atlas Color. Argentina: Médica Panamericana; 1987: 5, 11.
45. - Beckman Coulter. Manual de Información de químicas para sistemas Synchron LX: formato PDF; 2007: 1, 2, 12.
- 46.- González HA. Principios de bioquímica clínica y patología molecular. España: Elsevier; 2010: 250.
47. - Díaz P. J., Fernández D. M. Aspectos básicos de bioquímica clínica. Madrid: Díaz de santos; 1997: 173-174.

48.- Olivares A. Curso de uroanálisis impartido en el Hospital General de México. CD. 2011.

49.- Gilbert. F.S. Biología del desarrollo. 7ª Ed. México: Médica Panamericana; 2003: 446.

50. -Surós BA, Surós BJ. Semiología médica y técnica exploratoria. 8ª ed. Barcelona España: Elsevier Masson; 2001: 641.

51. -Garg A., Sheppard J., Donnenfeld E. *et al.* Ojo seco y otros trastornos de la superficie ocular. Madrid: Médica Panamericana; 2006:13-18.

SUGERENCIAS

En México el área forense es un campo reciente para los químicos, el presente documento puede informar al pasante de Q.F.B. para orientarlo a este campo de la carrera que viene siendo un campo distinto a lo que ofrece la carrera y prepararse en este campo con un diplomado en Química Legal.

Este material es una introducción para saber cómo trabajar manchas biológicas de semen, saliva, orina, lágrimas y sudor en un laboratorio forense ya que la información contenida en este material se obtuvo mediante una revisión bibliográfica en bibliotecas e instituciones especializadas.

Las técnicas que se mencionan son complementarias y pueden servir a la hora de realizar un análisis de este tipo de manchas, aunque no se llegara a analizar ADN, existen laboratorios que apenas comienzan o no tienen una gran infraestructura para realizar esta técnica pero sí podrían llegar a la determinación del tipo de mancha y llevar las muestras a otro laboratorio (maquila) para el análisis de ADN.