

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA



**Importancia del estudio de los rastros hemáticos para determinar la forma en
que ocurrió el ilícito**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

PRESENTA:

TANIA PATRICIA ZAMUDIO TRINIDAD

ASESOR DE TESIS:

Q.F.B. MARÍA GALIA MARTÍNEZ FLORES

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM, al abrirme sus puertas y permitir desarrollarme como profesionista en ayuda a la sociedad. Es un orgullo pertenecer a esta casa de estudios.

A mi mamá María Silvana Trinidad González, que a lo largo de mi vida me ha enseñado valores los cuales me han ayudado para seguir adelante y no rendirme a pesar de que todo esté en mi contra y que siempre ha estado conmigo y mis hermanos, siempre dando todo por nosotros.

A mis hermanos Nora, Mauricio y Miguel, por compartir tantas experiencias. Mis sobrinos Ángel y Héctor que vinieron a iluminar mi vida.

A mis amigos de infancia Carlos y Karen por estar siempre conmigo y evitar que caiga al ver que las cosas se ponen difíciles, por tener siempre una palabra de aliento.

A mis amigas de la preparatoria Lucero, Araceli, Maribel y Guadalupe. Así mismo como esta facultad me formó como profesionista me hizo que encontrara en mi camino a grandes personas Blanca, Beyibeth, Andrés, Manuel De Los Santos y América con los cuales compartí el gusto por la carrera. A mis amigos de trabajo Eduardo, Elena, Claudia, Adelaida, Lourdes, Gerardo y Fabián por siempre tener una palabra de aliento y hacer ameno mi trabajo.

De antemano e infinitamente les estoy eternamente **AGRADECIDA** por compartir su vida conmigo, vivir experiencias buenas y malas, pero siempre aprendiendo.

INDICE

	Resumen.....	1
1	Introducción.....	2
2	Marco Teórico.....	4
	2.1 Generalidades de la sangre.....	4
	2.1.1 Elementos formes de la sangre	4
	2.1.2 Descripción de los órganos hematopoyéticos.....	5
	2.1.2.1 Médula ósea.....	5
	2.1.2.2 Bazo.....	6
	2.1.2.3 Timo.....	7
	2.1.2.4 Ganglios.....	7
	2.2 Volumen sanguíneo.....	7
	2.3 Coagulación de la sangre.....	8
	2.3.1 Hemostasia.....	8
3	La escena del crimen.....	10
	3.1 Reconstrucción de los hechos.....	11
	3.2 Análisis de eventos: un proceso para la reconstrucción de la escena del crimen...	13
	3.3 Evento gráfico de flujo: demostrando el resultado.....	13
	3.4 Refiriéndose a la disciplina.....	14
	3.5 Protección del sitio del suceso.....	14
	3.5.1 Rastreo hematológico – metodología.....	14
	3.5.2 Condiciones de búsqueda.....	15
4	Definición de Hematología Forense.....	16
	4.1 División de la Hematología.....	16
5	Términos generales relacionados al análisis en patrones de manchas de sangre.....	17
	5.1 Buscando la escena del crimen.....	17

6	Impresiones sangrientas.....	19
	6.1 Manchas de sangre.....	19
	6.2 Ubicación.....	20
	6.3 Edad de una mancha de sangre.....	20
	6.4 Metodología general para la investigación criminalística de manchas de sangre....	21
	6.5 Búsqueda de manchas de sangre	22
	6.6 Descripción y registro de manchas de sangre.....	24
	6.7 Problemas médico – legales.....	24
	6.8 Interpretación en patrones de manchas de sangre.....	25
	6.9 Lo que la forma y posición de las manchas de sangre revelan.....	25
	6.10 ¿Cuánto tiempo sobrevivió la víctima después de la agresión?.....	27
7	Clasificación de las manchas.....	28
	7.1 Ángulo de Impacto.....	29
	7.2 Salpicadura.....	30
	7.3 Borbotones y chorros de sangre arterial.....	31
	7.4 Sangre atomizada / nebulización.....	32
	7.5 Coágulo.....	32
	7.6 Acción capilar.....	33
	7.7 Proyección de las manchas.....	34
	7.8 Direccionalidad.....	34
	7.9 Ángulo direccional.....	35
	7.10 Inconveniente efecto / retraso.....	35
	7.11 Sangre expiratoria.....	36
	7.12 Manchas de mosca.....	36
	7.13 Trayectoria de vuelo.....	37
	7.14 Sitio de impacto.....	37
	7.15 Origen / Punto de origen / Área de origen.....	37
	7.16 Mancha madre.....	38
	7.17 Mancha satélite.....	38
	7.18 Sangre proyectada.....	39
	7.19 Rebote de mancha.....	39
	7.20 Sombreado / Desdoblamiento / Vacío.....	39
	7.21 Manchas esqueletizadas / Esqueletonización.....	40
	7.22 Espinas.....	41
	7.23 Flujo pasivo.....	41
	7.24 Patrones de transferencia.....	41
	7.25 Manchas de saturación.....	42
	7.26 Golpe fuerte.....	43
	7.27 Limpiadura.....	43

8	Las cuatro fases de impacto de una gota.....	44
	8.1 Contacto / Colapso.....	44
	8.2 Desplazamiento.....	45
	8.3 Dispersión.....	47
	8.4 Retracción.....	47
	8.5 Forma de la mancha y relación con el ángulo de impacto.....	48
9	Impactos de baja velocidad y consideraciones angulares de las manchas de sangre...	49
	9.1 Determinación del punto en el área de convergencia.....	53
10	Impacto de manchas de sangre a media y alta velocidad.....	54
	10.1 Patrones de manchas de sangre producidas por impactos de alta velocidad.....	58
11	Planteamiento del problema.....	61
12	Objetivos.....	62
13	Hipótesis.....	63
14	Método.....	64
15	Discusión de resultados.....	65
16	Conclusiones.....	67
17	Referencias.....	68

RESUMEN

Las manchas sanguíneas constituyen la base del estudio de la Hematología Forense, estudia su mecanismo de producción, su forma, extensión, situación, tamaño, color, aspecto, cantidad y orientación.

El rastreo de sangre en el sitio del suceso tiene por objeto detectar, mediante una búsqueda metódica, toda clase de vestigios de sangre, tanto en el sitio del suceso mismo, como en el cadáver, vestimentas y también en el sospechoso.

El estudio de las manchas de sangre, encontradas en el lugar donde se cometió un acto delictivo, es de importancia para ayudar a esclarecerlo, por esta razón es importante que la persona que se encargue del estudio de las manchas de sangre en una escena del crimen tenga los conocimientos necesarios para evitar interpretaciones erróneas, esto con el objetivo de facilitar las investigaciones.

En este trabajo se comprobará si las manchas de sangre indican la posición en la cual iba la persona al momento de ser agredida sólo observando las manchas en los objetos.

1. INTRODUCCION

En la actualidad es común escuchar noticias en las cuales se agredió físicamente a una persona, incluso llegando al homicidio cuando se comete un delito. Al haber casos de este tipo se recurre a la criminalística, la cual utilizará los recursos necesarios basados en diversas áreas para esclarecer el caso con las evidencias encontradas en el lugar del ilícito, como pueden ser polvo, armas, sangre u otros fluidos, que son los que se encuentran generalmente, en auxilio de los órganos encargados de administrar justicia y precisar la intervención de uno o varios sujetos en el acto delictivo.¹

Las manchas de sangre son el vestigio más frecuente y de gran valor en la escena del crimen. Cuando se encuentran deben ser cuidadosamente recolectadas, preservadas y estudiadas porque sus resultados pueden establecer juicio de responsabilidad o de inocencia a través de comparaciones entre muestras motivo de estudio y muestras de referencias tomadas a sospechosos.²

Cuando se llega al lugar de los hechos es de suma importancia observar con mucha atención la presencia de posibles pruebas, en particular de manchas de sangre (en casos de agresión física u homicidio), el lugar donde se encuentran (piso, pared, muebles), la forma que tienen y la cantidad de sangre en el lugar para tener noción de cómo fue agredida la víctima, de igual forma si hay presencia de cadáver. Realizando una reconstrucción de hechos siempre y cuando sea posible.

De acuerdo a como se encuentren las manchas de sangre podremos saber si la víctima fue golpeada, arrastrada o iba caminando al momento de ser agredida. En el mismo momento en que se llega al lugar de los hechos, y si hay presencia de manchas de sangre sobre alguna superficie, es de vital importancia tomar fotos, para que así se tenga una evidencia de lo que se encontraba al llegar al lugar antes de la llegada de las autoridades correspondientes.

Para establecer el origen de las manchas de sangre encontradas en el lugar de los hechos, se recurren a diversas técnicas de análisis para saber si la sangre es de origen animal o humano, e incluso podría confundirse con pintura o algún otro químico de aspecto parecido. Entonces se procede a su recolección para un análisis posterior y confirmar su origen.

Para el estudio de las manchas de sangre encontradas en el lugar del ilícito la Hematología se clasifica:

Hematología forense: es la aplicación criminalística de la morfología, serología y bioquímica de la sangre. Abarca todos los aspectos, tanto rector, como identificador, en el terreno no solo policial, penal, sino que además, el civil, por los problemas relacionados con la filiación.

Las huellas producidas por la sangre, con características de apoyo, embarramiento, estáticas, dinámicas, escurrimientos, etc., son las que más frecuentemente se encuentran en delitos contra las personas y constituyen el indicio más constante en el crimen, debiéndose observar lo siguiente:

- ✓ Ofrecen posibilidades de reconstrucción del mecanismo de los hechos.
- ✓ Una vez manchado determinado soporte, la sangre permanece durante un tiempo prolongado y se encuentra con más facilidad en aquellos lugares que le ofrecen mejor superficie para su adherencia.
- ✓ Esas superficies pueden ser: la piel del cuerpo humano, ropas, muros de tabique o madera, muebles, cortinas, pisos de cemento o madera, alfombras, etc.
- ✓ Mientras que difícilmente permanecen en superficies poco adherentes como metales, cristales, porcelana, superficies pulidas, enceradas o barnizadas.

En el lugar de los hechos, la cantidad y características de la sangre que se observe alrededor de la víctima, pueden indicar el tiempo probable que sobrevivió después haber sido lesionado, y se debe de tener cuidado con lo siguiente:

- ✓ Algunas lesiones por su ubicación y por la posición del cuerpo, pueden ser tales que la acción de la gravedad haga que la sangre siga emanando hasta acumularse en gran cantidad sobre el piso o soporte que reciba a la víctima, interviniendo en algunos casos el declive del piso.
- ✓ Se debe observar también que la sangre antemortem se coagula entre 5 y 8 minutos después de expuesta fuera del cuerpo humano, y no así la de postmortem que expuesta al exterior no origina el proceso de coagulación.

Las manchas sanguíneas constituyen la base de estudio de la Hematología Forense Reconstructora.

Hematología Reconstructora: se ocupa de la determinación e interpretación del mecanismo de producción de las manchas de sangre. A través del estudio metódico de las mismas se podrá obtener información precisa de la forma en la que se han producido los hechos. Se podrá determinar posición de la víctima y del agresor, los movimientos realizados en el lugar del suceso, características del traumatismo y violencia empleada, intensidad del traumatismo, arma empleada, movimientos ejecutados con ella, incluso señalar aproximadamente o descartar al autor del delito.

Las etapas fundamentales de la investigación se aplican a los rastreos hemáticos tanto en recintos cerrados como abiertos.³

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LA SANGRE

Cuando la sangre se mueve a través de los capilares de los órganos y los tejidos, lleva a cabo su función vital de recoger y entregar una variedad de materiales cuyo transporte a través de la circulación es necesario para la supervivencia de organismos multicelulares complejos. Ante todo, recoge O_2 de los pulmones y entrega O_2 y glucosa a todos los órganos y tejidos para las reacciones metabólicas oxidativas esenciales para la vida. El suministro ininterrumpido de O_2 al cerebro y a corazón es de importancia particular. La sangre también entrega a las células aminoácidos, ácidos grasos, oligoelementos y otras sustancias para su nutrición o para la incorporación como componentes celulares o productos de secreción. La sangre lleva a las células las hormonas y las vitaminas que modulan los procesos metabólicos celulares.

A través del intercambio constante de moléculas con el líquido intersticial, la sangre ayuda a mantener el pH y las concentraciones de electrolitos del líquido intersticial dentro de los valores requeridos para el funcionamiento normal de la célula. Lleva los productos de desecho del metabolismo a los órganos de excreción; el CO_2 a los pulmones, la bilirrubina al hígado, los productos nitrogenados no proteícos a los riñones. La sangre también cumple funciones de protección esenciales en el organismo. Sus glóbulos blancos combaten a los microorganismos invasores, median la inflamación e inician las respuestas inmunes a los materiales extraños. Sus anticuerpos y componentes del complemento desempeñan papeles vitales en estas respuestas de defensa. Sus plaquetas y proteínas de coagulación mantienen la hemostasia.⁴

El plasma es un líquido de color pajizo que consta de agua y de solutos disueltos. El soluto principal del plasma en términos de concentración es el sodio. Además de sodio el plasma contiene muchos otros iones, así como moléculas orgánicas como metabolitos, hormonas, enzimas, anticuerpos y otras proteínas.⁵

2.1.1 *Elementos formes de la sangre*

Comprenden dos tipos de células sanguíneas; los eritrocitos y los leucocitos. Los eritrocitos son con más diferencia más numerosos.

Eritrocitos: son discos bicóncavos aplanados de unos 7 μm de diámetro y 2.2 μm de espesor. Su forma singular está relacionada con su función de transportar oxígeno; aportando una mayor superficie a través de la cual se puede producir la difusión del gas. Los eritrocitos carecen de núcleos y mitocondrias. En parte como consecuencia de estas deficiencias, los

eritrocitos tienen un tiempo de permanencia en la circulación relativamente corto, de sólo unos 120 días. Los eritrocitos más viejos son retirados de la circulación por células fagocitarias presentes en el hígado, el bazo y la médula ósea.

Cada eritrocito contiene aproximadamente 280 millones de moléculas de hemoglobina, que confieren el color rojo a la sangre. Cada molécula de hemoglobina está formada por cuatro cadenas proteicas denominadas globinas, cada una de las cuales está unida a un *hemo*, una molécula pigmentada y roja que contiene hierro. El hierro del grupo *hemo* es capaz de combinarse con el oxígeno en los pulmones y de liberar oxígeno en los tejidos.

Leucocitos: difieren de los eritrocitos en varios aspectos. Los leucocitos contienen núcleos y mitocondrias además poseen movimiento ameboides, los leucocitos se pueden meter a través de los poros de las paredes de los capilares y desplazarse a un lugar de infección, mientras que los eritrocitos suelen permanecer confinados en el interior de los vasos sanguíneos. El movimiento de los leucocitos a través de las paredes de los capilares se denomina *diapédesis* o *migración*.

Los leucocitos son casi invisibles al microscopio si no están teñidos; por lo tanto se clasifican en función de sus propiedades de teñido.

Plaquetas (trombocitos): son los elementos formes más pequeños, y en realidad se trata de fragmentos de células de mayor tamaño denominadas megacariocitos, que se encuentran en la médula ósea. Desempeñan un papel importante en la coagulación sanguínea.⁶

2.1.2 Descripción de los órganos hematopoyéticos

Las células blancas de la serie granulocítica se producen en la médula ósea y las de la serie no granulocítica, en el timo, bazo, ganglios, formaciones linfoides y médula ósea.

2.1.2.1 Médula ósea

A partir del quinto mes de la vida intrauterina, la hematopoyesis es efectiva en médula ósea, originando la serie roja, blanca granulocítica y megacariocítica.

En el primer año de vida, toda la médula ósea es roja, es decir, hematopoyética; pero a partir del tercer año, progresivamente se transforma en médula amarilla; en el adulto, la médula ósea hematopoyética se encuentra sólo en los huesos planos, como huesos ilíacos, costillas, vértebras y esternón.

La hematopoyesis regula tres sistemas: eritropoyético, leucocitopoyético y trombocitopoyético.

Cuando el organismo necesita una hiperproducción de estos sistemas, la médula ósea amarilla es invadida por la médula ósea roja; en cambio cuando desaparece la médula ósea roja, se ve invadida por la amarilla. La hematopoyesis se produce en íntima relación con el tiempo y con las necesidades, existiendo siempre una relación íntima entre la serie roja y blanca. En sangre periférica tenemos mayor número de eritrocitos que células blancas, debido a que las células rojas tienen un período mayor de vida que los glóbulos blancos. La

reproducción celular se hace por división mitótica. En las células rojas encontramos mayor número de mitosis en los eritroblastos, basófilos y policromatófilos; en las células blancas hallamos más mitosis en los mielocitos.

La médula ósea se altera rápidamente cuando el individuo fallece, cambiando totalmente la estructura celular, por lo que es imposible diferenciar la citología de los diferentes procesos patológicos para establecer un diagnóstico post-mortem.

2.1.2.2 Bazo

Situado en el hipocondrio izquierdo, en relación con el diafragma, estómago, riñón, páncreas, colon y costillas novena a undécima. Su borde anterior es cortante y con incisuras; su dirección es de atrás adelante y de izquierda a derecha. No es palpable y a la percusión se revela por matidez hasta la línea auxiliar media.

La citología del bazo está formada por: linfoblastos, prolinfocitos, linfocitos, células reticulares, macrófagos, plasmocitos y elementos de la serie granulocítica, como: polinucleares neutrófilos y bandas. Se ven también células en la pulpa, que no deben confundirse con células malignas.

Las funciones del bazo son las siguientes:

- ✓ Reservorio sanguíneo
- ✓ Hematopoyética en el embrión, hasta los cinco meses de edad, origina células blancas y rojas; luego produce linfocitos y monocitos.
- ✓ Destructiva de los eritrocitos: El eritrocito normal tiene una longevidad limitada en la circulación, de 120 + 20 días. Conforme la célula envejece, ciertas enzimas glucolíticas reducen su actividad, la membrana se pierde, la concentración media de hemoglobina en la célula aumenta, y la flexibilidad de la célula disminuye. Cuando estos cambios han alcanzado un punto crítico, el eritrocito ya no es capaz de atravesar la microvasculatura y es fagocitado por el tejido reticuloendotelial (RE).
- ✓ De regulación sobre la eritropoyesis.
- ✓ Defensivas: en el bazo se elaboran anticuerpos, interviniendo en el mecanismo activo de la inmunidad.
- ✓ Función macrófaga; en caso de anemias hemolíticas.

Mientras que todas las células reticuloendoteliales participan en la destrucción de los eritrocitos que envejecen, las del bazo están situadas anatómicamente de tal manera que son las localizadoras más sensibles de una anomalía del eritrocito. La sangre entra a la malla reticular de la pulpa roja esplénica a través de ramas arteriales terminales. La circulación sanguínea es lenta y el volumen del plasma está reducido, exponiendo al eritrocito a la acción fagocítica de las células reticuloendoteliales.

Los eritrocitos intactos regresan a la circulación a través de las sinusoides venosas, donde la flexibilidad de la célula es puesta a prueba por los pequeños orificios sinusoidales

(3 a 5 μ). Ahí las partículas anormales son eliminadas junto con un poco de membrana de la célula.⁷

2.1.2.3 *Timo*

Situado detrás del esternón. Da origen a los linfocitos "T", que intervienen en el mecanismo de la inmunidad inmediata y son de vida corta. Hay también de vida larga pero no tienen memoria antigénica.

2.1.2.4 *Ganglios*

El sistema linfático se encuentra distribuido en todo el organismo. El sistema linfático se encuentra en relación con los epitelios, como en el tracto digestivo; con la circulación sanguínea, como en el bazo. La producción de linfocitos se inicia a partir del tercer mes de la vida intrauterina, llegando a su máxima intensidad en los primeros años de vida, para declinar en la vejez.

Los ganglios linfáticos tienen una función linfopoyética activa y una función inmunológica; son, entonces, formadores de las células de la serie linfoide denominada linfocitos "B"; intervienen en los mecanismos de la inmunidad, por ser éstos los formadores de las inmunoglobulinas que poseen memoria antigénica, dando la inmunidad retardada; unos son de vida larga y otros de vida corta.⁸

2.2 VOLUMEN SANGUÍNEO

El volumen sanguíneo total constituye el 7 al 8% del peso corporal de un adulto, lo que indica que un individuo de 70 Kg tiene aproximadamente 5.5 L de sangre. Este volumen está compuesto tanto por el líquido extracelular, que es el plasma, como por los elementos formes de la sangre, que también contienen líquido en su interior, sobre todo los eritrocitos, que contienen hemoglobina disuelta en agua. Teniendo en cuenta que el hematocrito representa el 45% del volumen sanguíneo total, un adulto tiene aproximadamente 2 a 2.4 L de eritrocitos, que representan del 3.2 al 3.5 % del peso corporal, y de 3 a 3.5 L de plasma que representan el 5 % del peso total. En los varones, el volumen de sangre es de 61 a 66 mL/Kg, de los cuales 24 a 30 mL/ Kg son eritrocitos y 33 a 35 mL/ Kg son plasma. En las mujeres estos valores son de 1 a 2 mL menos. En relación a la superficie corporal, el volumen sanguíneo de un adulto es de 2.89 L/ m² en el hombre y 2.44 L / m² en la mujer. En los jóvenes y en los niños el volumen es relativamente mayor.

Más de la mitad del volumen total de sangre, esto es, el 64%, se encuentra en las venas; el 13% en las arterias, el 9% en la circulación pulmonar, el 7% en las cavidades cardíacas. El volumen sanguíneo presenta variaciones fisiológicas. Durante el ejercicio físico prolongado disminuye debido a la pérdida de líquidos y al paso de éstos hacia el espacio intersticial, con lo

que el hematocrito sufre un incremento relativo. Vuelve a las condiciones normales durante los 30 minutos siguientes. Otros factores que influyen en el volumen son la temperatura corporal, la altitud sobre el nivel del mar, la cantidad de líquidos ingeridos y el grado de ejercicio o reposo.

En condiciones normales, no toda la sangre se encuentra circulando, sino que una parte se encuentra remansada en los vasos capilares y senos venosos de diferentes órganos, que actúan como reserva, sobre todo el bazo, el hígado, los pulmones y el tejido celular subcutáneo.⁹

2.3 COAGULACIÓN DE LA SANGRE.

Cuando un vaso se daña, el sistema de coagulación mantiene la integridad vascular y preserva la vida al limitar la hemorragia mediante la formación de un coágulo. Además cuando los mecanismos de reparación tisular ya terminaron, se encarga también de eliminar el coágulo que se formó. Paradójicamente, en condiciones normales, también se encarga permanentemente de mantener la sangre en estado líquido, condición imperativa para la vida. El sistema de coagulación está formado por dos subsistemas, hemostasia y fibrinólisis, los cuales funcionan armónicamente y dependen de la función del vaso sanguíneo, de las células hemáticas circulantes, de la fase fluida de la hemostasia, de la fibrinólisis y de los reguladores del sistema. Normalmente, el sistema está en reposo, pero se activa rápidamente ante una lesión vascular.

2.3.1 Hemostasia

Luego de una lesión vascular, la hemostasia se activa para detener la hemorragia. La primera respuesta es la vasoconstricción e inmediatamente se produce el coágulo plaquetario que requiere de una malla de fibrina que le dé firmeza. Los tres mecanismos son necesarios para una hemostasia adecuada, cualquier alteración evita la formación de un coágulo de calidad y predispone a la hemorragia.

La hemostasia se divide en dos fases. La primaria es el cierre inmediato de la lesión vascular por vasoconstricción y activación plaquetaria sin que se forme fibrina. Esta hemostasia es mínima, ya que la hemorragia puede reactivarse si el coágulo plaquetario no se refuerza con una red de fibrina. A la formación de fibrina por medio de la cascada de coagulación se le considera hemostasia secundaria y su función es mantener más tiempo el coágulo. Si la red de fibrina se destruye prematuramente por la fibrinólisis la hemorragia reaparece.

Hemostasia primaria. La vasoconstricción es importante para controlar inmediatamente la hemorragia y se debe a que las arterias y venas tienen una capa de músculo liso que se contrae al dañarse el vaso. Así mismo reduce el flujo sanguíneo a la zona dañada y facilita las fases hemostáticas siguientes, como la acumulación plaquetaria. Se desconocen los mecanismos de la vasoconstricción, pero se especula que sustancias como la serotonina plaquetaria se libera en el sitio de daño vascular y condicionan vasoconstricción. Además

cuando las plaquetas se activan secretan tromboxano, el vasoconstrictor más potente que se conoce. El endotelio controla el tono vascular y activa a las plaquetas, la cascada de coagulación y la fibrinólisis. Ante una lesión vascular el endotelio se activa y cambia su patrón normal anticoagulante por uno netamente procoagulante, produciendo factores hemostáticos como el factor de Von Willebrand y FV, y permite que se peguen a él plaquetas y los factores IX, IXa y X. Además estimula la activación plaquetaria y aparece el factor tisular (FT), el cual inicia la generación de trombina. Este patrón endotelial procoagulante es estimulado por citocinas inflamatorias.

Al hacer contacto con el endotelio, el flujo sanguíneo genera una fuerza de rozamiento, es decir, la fuerza con que la sangre frota el endotelio. La sangre está compuesta por diferentes constituyentes que tienen distintas densidades y que se mueven a diferente velocidad en el torrente sanguíneo. En el centro del flujo corren los eritrocitos y los leucocitos (más pesados, más rápidos), mientras que las plaquetas y el plasma (más ligeros, más lentos) son empujados hacia la periferia, cerca del endotelio. La diferencia de velocidades entre estas dos capas de flujo permite el frote entre ellas y se crea la fuerza de rozamiento. Cuando las plaquetas son expuestas a rozamientos anormalmente altos, se agregan espontáneamente, lo cual es importante en la génesis de la trombosis.

Hemostasia secundaria. La cascada de coagulación es una compleja serie de reacciones bioquímicas de los factores hemostáticos. La mayoría de los factores de coagulación se sintetiza en el hígado y se secretan a la sangre, aunque también hay factores extravasculares en concentraciones mínimas. Los factores se agrupan por su función. Los XII, XI, X, IX, VII, II y la precalicreína (PK) son zimógenos de proteasas de serina. Los factores V y VII, el FT y el CAPM son Cofactores. Los V, VIII y el CAPM deben activarse para funcionar, mientras que el FT extravascular se activa al hacer contacto con la sangre. Los factores II, VII, IX y X dependen de la vitamina K para su síntesis hepática. La meta de la cascada de coagulación es convertir una proteína plasmática soluble, el fibrinógeno, en otra insoluble, la fibrina. La vía extrínseca se activa cuando la sangre se pone en contacto con los tejidos, ya que el único factor que se encuentra fuera de la circulación (extrínseco) es la tromboplastina tisular o FT. La vía intrínseca recibe este nombre porque todos los factores están dentro de la sangre, por lo que se activa aun sin que se contamine con tejido extrasanguíneo. Esta vía se inicia al contacto del FXII con superficies extrañas a la pared vascular. La diferencia entre ambas vías es la manera de activar el FX, ya que luego de activar a este factor ambas comparten una vía común para activar la protrombina.¹⁰

Cuando se lesiona un vaso sanguíneo, se activan unos cuantos mecanismos fisiológicos para promover la hemostasia, o el cese de la hemorragia (*hemo*= sangre; *stasis*= detención). La rotura del revestimiento endotelial de un vaso expone a la sangre a las proteínas del colágeno del tejido conjuntivo subendotelial. Esto inicia tres mecanismos hemostáticos independientes, pero superpuestos: 1) vasoconstricción; 2) formación del tapón plaquetario; y 3) la producción de una malla de proteínas de fibrina que penetra y envuelve al tapón plaquetario.¹¹

Después de la muerte se produce la coagulación de la sangre dentro y fuera de los vasos sanguíneos, en el corazón, venas y arterias. La coagulación es habitual e intensa durante las enfermedades prolongadas, en cambio tratándose de muertes rápidas o por asfixia,

la sangre tiende a permanecer líquida, siendo los coágulos escasos y blandos. En la muerte lenta la sangre se coagula más. En general se sostiene que la sangre tiende a permanecer líquida hasta media hora después de ocurrida la muerte, con mayor o menor lentitud según sea la cantidad de oxígeno en la sangre; si es pobre no coagula, o coagula lentamente.

Achaval al estudiar los signos sanguíneos, apunta “la sangre conserva su propiedad de transportar oxígeno aún 6 a 8 horas post mortem y los leucocitos mantienen sus propiedades leucocitarias durante 10 horas, todo ello con fibrinólisis que hace incoagulable la sangre aproximadamente a la hora o más”. Esta incoagulabilidad es conocida como signo de Donne.¹²

3. LA ESCENA DEL CRIMEN

La escena del crimen es en su mayor parte protegida de la intemperie y conservada por un período determinado de tiempo, a menos que el incidente ocurra en un lugar público y haya una presión para limpiar la escena lo más rápido posible. Por otro lado las manchas de sangre expuestas al aire libre en una escena del crimen se pueden alterar en su apariencia debido al clima del terreno. Se debe fotografiar la escena del crimen lo más pronto posible para minimizar los cambios o eliminación de las manchas de sangre y otras evidencias físicas debido a las condiciones comunes. Ya sea en interiores o al aire libre, es importante limitar el acceso de cualquier persona ajena a las autoridades correspondientes en cualquier escena del crimen, especialmente donde haya sangre, para evitar un seguimiento innecesario ya que puede haber errores en la interpretación de la misma.

Las evidencias de manchas de sangre en la escena del crimen pueden ser documentadas con fotografías de alta calidad en color y/o diapositivas antes de que el cuerpo sea movido o alterado de otro modo de la escena. Es importante coordinar la fotografía de la víctima y de posibles lesiones con fotografías de patrones en manchas de sangre en el cuerpo y en la ropa.

Así mismo cuando las manchas están presentes en la ropa de la víctima deben ser removidas después de las fotografías iniciales y de la examinación postmortem. Las prendas no pueden ser embaladas en condiciones húmedas. El mejor procedimiento es colgar y secar al aire las prendas antes de colocarlas en bolsas de papel, esto minimiza la alteración de las manchas de sangre y la producción de manchas de sangre adicionales en los objetos.

El examen de la ropa y cuerpos de los sospechosos con manchas de sangre proporciona pruebas físicas, a menudo se proporciona un valioso testimonio para vincular a esa persona con la víctima. Los agresores con frecuencia reciben salpicaduras de sangre en las partes expuestas de su cuerpo, como en la cara y las manos, las cuales deben ser fotografiadas sin demora.¹³

3.1. Reconstrucción de los hechos

El analista evalúa la información. Se comienza realizando unas simples preguntas con respecto a la evidencia y respondiendo a las mismas se pueden establecer los hechos específicos que finalmente conforman la reconstrucción total del crimen.

El análisis eventualmente lleva a un punto el cual se denomina *segmento del evento* (SE). Cada una de las pruebas se dirige a algún SE en el cual se creó o usó. En la reconstrucción de los hechos se debe considerar cada SE y la información se respalda con tres objetivos:

- ✓ ¿Cuál es la naturaleza básica de la serie de sesiones y pruebas?
- ✓ ¿Cuáles son los aspectos que se relacionan a otros segmentos y a las pruebas existentes?
- ✓ ¿A que hora están presentes los aspectos en la secuencia?

Considerando la naturaleza básica, se busca describir el SE o evidencia en su forma más simple. Al comenzar a describir la evidencia basta simplemente con preguntarse: ¿Qué es eso? respondiendo esta pregunta para un SE, es probable que se considere la respuesta: ¿Cuál es la naturaleza del incidente? También se tiene en cuenta la finalidad o función de las pruebas o la acción que fue. Esto a menudo lleva a la pregunta: ¿Fue según lo previsto, o cumple una función alternativa?

La siguiente consideración es relacionar el SE a otros eventos que se encuentren en la escena. La función principal es relacionar a los tres actores principales (escena, víctima y sujeto) el uno al otro. (Figura 1)

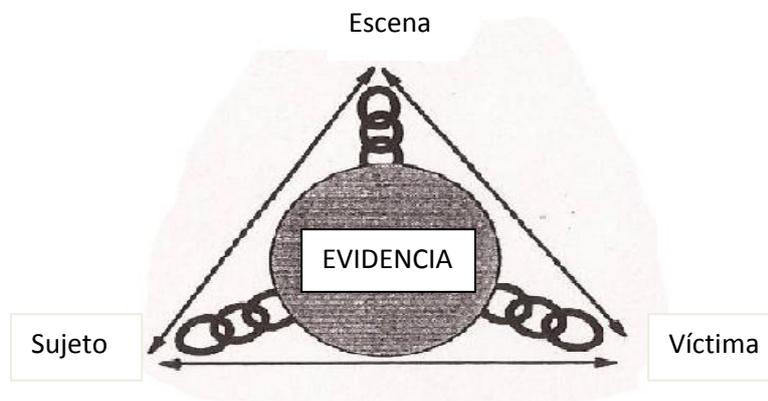


Figura 1. El analista de la escena del crimen utiliza el concepto del triángulo de vinculación en el examen de cada una de las pruebas que se encuentran. (Romo, 2004)

La secuencia en la información es extremadamente importante ya que ayuda al analista a ordenar los SE durante la etapa de integración del análisis.

El objetivo en el análisis es integrar la evidencia e información junto con la demás información encontrada "para formar un cuadro lógico." En este punto se ha alcanzado la última meta del análisis: ¿Cómo encajan estos segmentos juntos y en qué forma comienzan los sucesos? Es aquí en el análisis donde empieza la transición verdadera a una reconstrucción.

La información de la secuencia desarrollada durante el proceso de valoración es la parte primaria de integración. Se combina con un simple y común acercamiento del sentido. Logrando la integración, se debe de considerar que los crímenes no ocurren instantáneamente. De los hechos y evidencias se establecerá una "ventana" (Figura 2). Cada ventana tiene un juego de hechos que finalmente otorga el apoyo a una idea. Los incrementos de tal ventana pueden empezar como pedazos cortos y grandes de tiempo, en los cuales se intentan definir aspectos grandes en la reconstrucción.

Como fragmentos individuales de información que comienzan a encajar en el cuadro global, se refuerza la habilidad de separar los incrementos de tiempo.

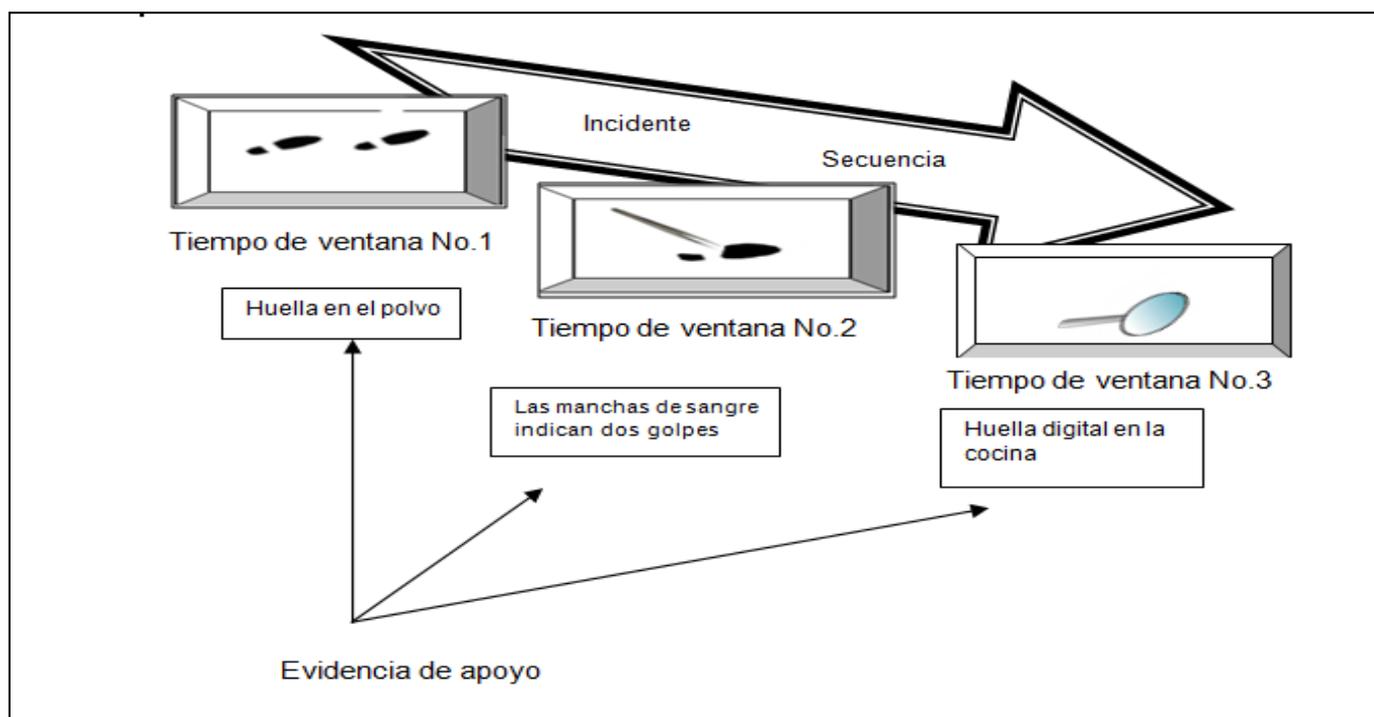


Figura 2. El crimen no ocurre instantáneamente. Así se intentan establecer las "ventanas de tiempo" o "instantánea". (Romo, 2004)

Cuando las reconstrucciones se mejoran, el tiempo se incrementa para una sección la cual puede ser pequeña y precisa para definir los eventos que ocurrieron, todavía para otro período el incremento puede permanecer grande. La diferencia entre los dos es la habilidad de definir con detalle el presente y con precisión a la evidencia. Obviamente, los análisis más pequeños son más detallados, y lo son aún más probablemente en su reconstrucción.

3.2 *Análisis de eventos: un proceso para reconstruir la escena del crimen*

Análisis de eventos, llamado también *crimen global*. Cada evento es definido por acciones específicas pequeñas, apoyado a su vez por la presencia de elementos específicos de evidencia. Se consideran estos eventos y los SE para ser parte de la ventana de tiempo: los momentos del suceso definidos por alguna acción física o forma. La reconstrucción intenta definir el crimen o suceso estableciendo estos eventos, y por lo tanto se denominará “análisis de evento del proceso global”. Los pasos a seguir para crear una reconstrucción de la escena del crimen que se emplean en el análisis del evento son los siguientes:

- ✓ Coleccionar datos y, usando evidencia, establecer eventos probables.
- ✓ Establecer de los datos los específicos al SE del crimen.
- ✓ Considerar entre si los SE para establecer los que están relacionados.
- ✓ Orden o sucesión en el evento.
- ✓ Considerar todas las posibles sucesiones y, donde las sucesiones contradictorias existen, intervenir con la evidencia para determinar qué es más probable.
- ✓ Determinar el orden final o sucesión de esos eventos.
- ✓ Mapa de flujo que la casualidad global basó en el evento y secuencia de SE.

3.3 *Evento gráfico de flujo: demostrando el resultado.*

El paso final en la reconstrucción del evento es ordenar los eventos en una sucesión lógica y que tenga soporte, siempre que este sea posible. La información buscada y desarrollada durante la fase de evaluación en la reconstrucción es de suma importancia en la toma de decisiones que el analista tiene en esta etapa. El proceso se cumple mejor a través del uso de un *mapa de flujo de evento*. Como Rynearson y Chisum describieron para su “cuadro de la historia”, el mapa de flujo de evento intenta tomar cada SE y orientarlo gráficamente dentro del cuadro entero. Algunos analistas pueden sentir esto como un paso innecesario, cuando es posible orientarse a menudo a un evento simple y mentalmente en una sucesión funcional, pero en una reconstrucción compleja la sucesión se vuelve confusa rápidamente. Trazando el evento físicamente a través del uso de un mapa de flujo, los analistas pueden visualizar de una mejor manera la sucesión real, desafiando sus propias teorías, y reconocer las debilidades o puntos donde la secuencia no es posible. El mapa de flujo del evento busca gráficamente que se visualice la reconstrucción. Una vez desarrollado, es sumamente útil para explicar la reconstrucción a un jurado, consejero, u otro analista. Desarrollar el mapa de flujo de evento es relativamente simple. Lo que el analista escoge es mostrar en el mapa a la persona a cargo del caso. Las opciones incluyen trazar la reconstrucción entera o trazar un área específica de la reconstrucción que está en disputa.

3.4 Refiriéndose a la disciplina

Discutiendo el análisis en los patrones de manchas de sangre es probable encontrar que los analistas (aunque no precisamente) especializados usan términos como:

- ✓ Interpretación en los patrones de manchas de sangre
- ✓ Análisis de las salpicaduras de sangre
- ✓ Análisis de las salpicaduras por manchas de sangre
- ✓ Análisis de las salpicaduras de sangre / interpretación
- ✓ Análisis en los patrones de manchas de sangre

El término preferido por los autores es *análisis en los patrones de manchas de sangre*. El análisis implica un acercamiento estructurado para evaluar lo que será examinado. Así mismo se detallan las pruebas para determinar la naturaleza de lo que es examinado o para determinar relaciones mutuas presentes. La interpretación, por otro lado, alude a un ver más subjetivo.

La salpicadura es un tipo muy específico de modelos de manchas de sangre; propiamente, un analista de salpicadura de manchas de sangre sería uno que analiza sólo salpicadura. Un analista de modelos de manchas de sangre examina modelos de las mismas para determinar su naturaleza y relaciones mutuas.¹⁴

3.5 Protección del sitio del suceso (ss)

Nunca es suficiente, insistir en la importancia que tiene la protección del SS, ya que para el buen éxito del trabajo de reconstrucción hematológica, ésta es condición esencial. Los rastros sangrientos, frescos, son sumamente frágiles, y los intrusos o inexpertos son muy peligrosos cuando ha quedado este tipo de indicios en el SS.

3.5.1 Rastreo hematológico - Metodología

Búsqueda en SS cerrados.

- ✓ Las entradas y salidas.
- ✓ Los pisos, paredes y techo (ingreso o salida, sacudida del arma, proyectiles).
- ✓ Muebles
- ✓ El cadáver, el o los heridos,
- ✓ Ropas.
- ✓ Los objetos del delito.
- ✓ Las herramientas o armas del delito.
- ✓ Los baños, lavatorios, piletas, servicios higiénicos, basureros.

Búsqueda en SS abiertos.

- ✓ El piso, ya sea concreto, asfalto, cemento, baldosas o pasto.
- ✓ Piedras (por porosidad, absorben la sangre y perdura mucho tiempo)
- ✓ Tierra del suelo (la coagulación fija la tierra. Si se sopla el polvo superficial, depositado posteriormente sobre la mancha sangrienta, éstas se revelan.
- ✓ Hojas de los arbustos pegadas y caídas.
- ✓ Troncos de los árboles.¹⁵

3.5.2 Condiciones de la búsqueda.

- ✓ Visión a ojo desnudo, eventualmente se requerirá un buen lente de aumento.
- ✓ Iluminación. La luz diurna puede utilizarse, pero es preferible la luz artificial, porque el brillo especial de la sangre resalta mejor. Con luz ultravioleta para apreciarla por fluorescencia.
- ✓ Caracteres macroscópicos.
- ✓ Color y aspecto. La sangre tiene normalmente color rojo.

El color varía mucho, según:

- ✓ El órgano de donde proceda
- ✓ El soporte sobre el que se encuentra
- ✓ De causas tóxicas (envenenamiento, putrefacción, etc.).

El color puede variar también, por el tiempo que lleva fuera del torrente circulatorio, lo que tiene gran importancia en Criminalística (puede ayudar a data de muerte). Opacidad: la sangre es opaca, por tener en suspensión gran cantidad de glóbulos, especialmente eritrocitos.

- ✓ Sabor y olor. Todos sabemos por experiencia, que es ligeramente salada y de un olor "sui-generis" que recuerda al sudor del animal a que pertenece. Este olor puede variar según sea la región de donde provenga la sangre (sangre menstrual, o por putrefacción).
- ✓ Coagulación. Si la sangre sale de los vasos en gran cantidad y no alcanza a secarse, antes de 5 a 9 minutos se produce un fenómeno bioquímico conocido por coagulación. La sangre toma un aspecto especial con consistencia de jalea y luego se separa en dos porciones: una líquida, el suero y otra sólida, el coágulo.

El fenómeno de la coagulación es de suma importancia en algunos casos sospechosos criminalísticos: homicidios que aparecen como suicidios, suicidios que parecen asesinatos.¹⁶

4. DEFINICIÓN DE HEMATOLOGÍA FORENSE

La Hematología Forense es la aplicación criminalística de la morfología, serología y bioquímica de la sangre.

Morfología: es la forma que presentan las maculaciones, que permite reconstruir la mecánica de producción de las mismas.

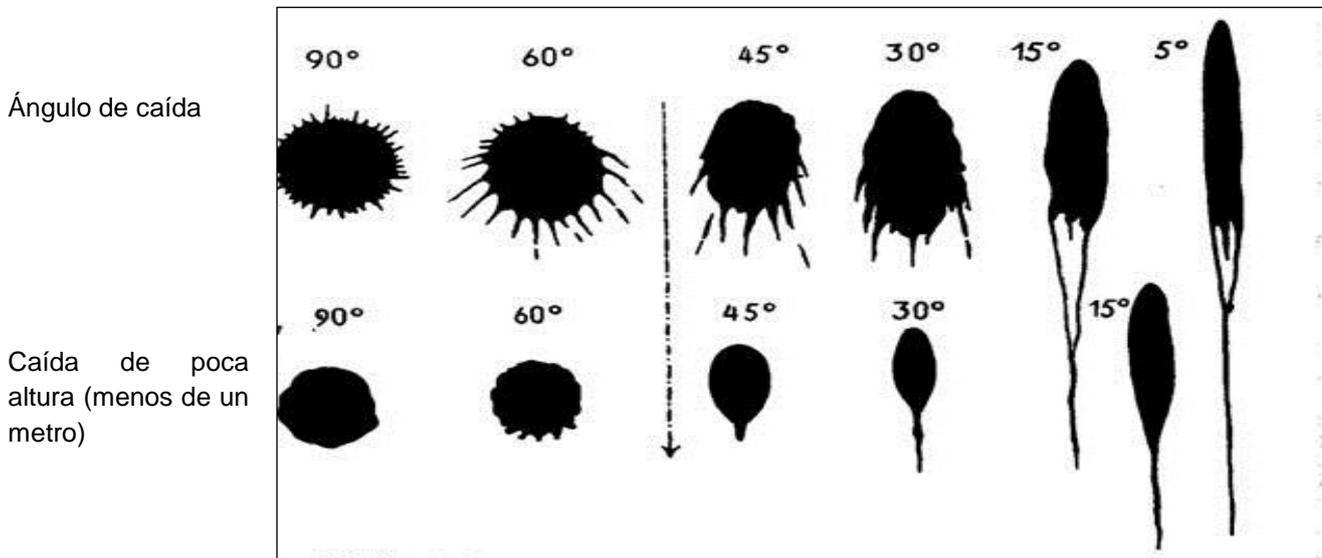


Figura 3. Se muestran las diversas formas que puede tener una mancha de sangre. (Vargas, 1991)

Serología: nos permite conocer si la mancha corresponde a sangre, si ésta es humana, su tipo y grupo sanguíneo.

Bioquímica: determina el perfil genético para individualizar la muestra con fines de identificación.¹⁷

La Hematología Forense abarca todos los aspectos, tanto rector, como identificador, en el terreno no solo policial, penal, sino que, además, el civil, por los problemas relacionados con la filiación.¹⁸

4.1 División de la Hematología.

Para su estudio, podemos dividir la hematología en dos grandes capítulos:

- ✓ La Hematología Clínica.
- ✓ La Hematología Forense. Estos capítulos colaboran unidos para, resolver los problemas criminalísticos; tanto en su aspecto rector, como identificador.

Son sus ramas:

Rama reestructuradora: esta ciencia determina e interpreta el mecanismo de producción de las imágenes (manchas de sangre), mediante un estudio metódico se podrá obtener información precisa de la forma en que se produjeron los hechos. Se podrá determinar posición de la víctima y del agresor, los movimientos realizados en el sitio de suceso, características del traumatismo, violencia empleada, intensidad del traumatismo, arma usada, movimientos ejecutados con ella, incluso señalar o descartar al autor del delito.

Rama identificadora: permite tener una orientación y certeza, saber de que especie es, si es de animal o humano, el grupo sanguíneo al que pertenece e incluso de que región corporal procede.¹⁹

5. TÉRMINOS GENERALES RELACIONADOS AL ANÁLISIS DE PATRONES EN MANCHAS DE SANGRE

Los términos y definiciones que a continuación se presentan pretenden ayudar al analista para entender la disciplina de los análisis de modelos de manchas de sangre. Aunque quizás no sea completo, sirve ciertamente como un vocabulario básico para cualquier interesado en esta disciplina.²⁰

5.1 *Buscando la escena del crimen*

No es común encontrar evidencia asociada a los crímenes violentos. Algunas veces la localización de las manchas de sangre es obvia. Otras veces para realizar una búsqueda detallada son necesarias pruebas químicas.

Forma y apariencia de las manchas de sangre

En casos donde las salpicaduras de sangre están presentes debe realizarse un esfuerzo para reconstruir los eventos que causaron las manchas.

La forma y apariencia de las manchas pueden proporcionar información útil sobre el crimen. Mac Donell ha perfilado varias reglas generales con respecto a la evidencia de las manchas de sangre:

- ✓ Puntos de sangre que pueden ser empleados para determinar la direccionalidad que produce la gota al caer. Su forma frecuentemente permite encontrar su velocidad o ángulo de impacto y / o la distancia desde la cual cayó.

- ✓ El diámetro de una mancha de sangre si está lejos o es pequeña no tiene ningún valor para estimar la distancia de la cual ha caído después de los primeros cinco o seis pies. Más allá de esta distancia el cambio es demasiado pequeño para ser fiable.
- ✓ Borde característico de una mancha de sangre puede no tener ningún significado o valor a menos que el efecto de la superficie de contacto sea bien conocida.
- ✓ El grado de salpicadura de una sola gota depende mucho más de la suavidad de la superficie de contacto que la distancia de la cual cayó. En la superficie más ordinaria es probable que la gota se romperá y salpicará.
- ✓ Direccionalidad de una mancha pequeña es fácilmente determinada si el investigador reconoce la diferencia entre una salpicadura independiente y una mancha de lanzamiento.
- ✓ La sangre es un material uniforme desde el punto de vista de su aerodinámica. Su capacidad para reproducir patrones específicos no se ve afectada de manera significativa por la edad o el sexo. Del mismo modo, ya que la sangre se desprende de un cuerpo a temperatura constante y normalmente se expone a un ambiente externo por un tiempo muy corto, la presión atmosférica, temperatura, humedad y no tienen ningún efecto apreciable en su comportamiento.²¹

En resumen, la evidencia de salpicaduras de sangre requiere de mucha experiencia y prueba de las características superficiales de la superficie para determinar la cantidad de sangre que cae sobre la misma y como se comportará. La direccionalidad de una mancha de sangre es un área mucho más fácil para la interpretación. Que en estas manchas en forma de gota, la punta siempre apuntará hacia la dirección de viaje.²²

6. IMPRESIONES SANGRIENTAS.

Como su nombre lo indica, son huellas producidas, por algo ensangrentado que se apoya sobre cualquier objeto o superficie o bien manos, pies, o cualquier parte desnuda o cubierta, de un individuo herido o ensangrentado. Asimismo objetos manchados con sangre pueden dejarlas.

Cuando se manchan las manos o los pies desnudos, los apoyos sucesivos hacen que la sangre vaya desapareciendo paulatinamente, logrando quedar en uno de ellos una capa lo suficientemente delgada de sangre, para que las crestas papilares se impriman con nitidez.

Si no existe esta condición, se tendrá sólo una impresión que no da sino los contornos del pie o mano apoyados, no por ello menos importantes.²³

6.1 Manchas de sangre

Cuando una arteria ha sido cortada, la sangre salpica a cierta distancia de la herida, lo que no sucede con la hemorragia venosa que a pesar de ser abundante en cantidad, escurre sin una fuerza que la proyecte. Sin embargo, son comunes manchas de sangre en el lugar de los hechos, de cualquier lesión causada por laceraciones o heridas por instrumento cortante, sin que se deba a una presión propia, sino que cae o es arrojada por algún movimiento activo.

Por ejemplo, si una cabeza es atacada en forma salvaje con un instrumento punzante o filoso, no es el primer golpe el que provoca la dispersión de la sangre, ya que hay un pequeño retraso antes de que aparezca en abundancia; los vasos casi siempre se colapsan durante uno o dos segundos después del impacto. Sin embargo, con el segundo golpe o subsecuentes, la misma arma ocasiona que fluya sangre de la primera herida y, conforme se aleja de la cabeza, tire las gotas a veces a gran distancia, lo que depende de la velocidad del movimiento. Una situación similar se presenta cuando el cuchillo corta repetidamente a través de la garganta u otra región; las gotas se desprenden del instrumento conforme éste se desplaza.

Cuando una herida se localiza en una extremidad como la mano o el brazo, la hemorragia es profusa al moverlo con rapidez, como al estar peleando o gesticulando y también puede regar gotas. Sucede en forma similar, si la mano de la víctima o del asaltante entra en contacto con la herida sangrante, o incluso en una epitaxis, la sangre es arrojada por los dedos cuando el brazo se mueve en forma vigorosa. Otras manchas de sangre pueden causarse por la víctima al toser sangre, la cual pasa a la boca a partir de una hemorragia nasal, heridas torácicas o hematemesis.

Cuando la sangre es arrojada, la forma que adquiere al chocar sobre una superficie depende del ángulo del impacto. Si cae en ángulo recto adquiere características circulares, si el contacto es violento, los bordes serán alargados, al hacerlo en forma oblicua, se forma una mancha ahusada con la punta delgada apuntando en la dirección del trayecto.

Además un glóbulo pequeño del líquido se separa y localiza en la parte terminal de la mancha, semejante a un “signo de exclamación”.

Estos datos ayudan a determinar la dirección de origen de las salpicaduras en paredes, techos, suelos y otros objetos, con el fin de contribuir a la conclusión sobre la posición de la víctima cuando fue atacada. Uno de los motivos por los que el médico debe acudir al lugar de los hechos, en caso de muerte violenta, es para observar los detalles como lo son las huellas de sangre y ayudar en la interpretación policiaca.

Muchas veces las manchas no se deben a que la sangre haya viajado libremente por el aire, sino al contacto directo con la piel ensangrentada, cabello, ropa, manos o armas.

Las embarraduras pueden indicar un movimiento deslizante, pero hay veces en que se observa una imagen fiel como sucede en la ropa, la cual es útil para indicar la forma del arma.

El sentido común indicará la posición previa de una persona cuando escurrió sangre, que después se seca, y se observa en piel y ropa. Al ser herida una persona recostada sobre su espalda, muestra arroyuelos de sangre que pasan en forma vertical hacia abajo por un lado del cuerpo, cuello o extremidades; mientras que si se encuentra de pie, la sangre corre en dirección del eje longitudinal del cuerpo.²⁴

6.2 Ubicación

Las manchas de sangre deben buscarse en el cuerpo de la víctima, sobre el acusado y en las ropas de ambos; en instrumentos, paredes, suelo y muebles.

En armas blancas, se debe investigar la presencia de sangre en la unión de la hoja con el mango, en el suelo, en las uniones de los mosaicos; en los muebles, en la parte interior de la cubierta de mesas, escritorios y en los cajones.

En las personas se debe buscar sangre desecada debajo de las uñas, en los surcos periungueales y en el pelo.

En las ropas, se pesquisan en los forros y en los bolsillos; en los zapatos, en el surco entre la suela y la parte que recubre el pie.²⁵

6.3 Edad de una mancha de sangre

La edad de una mancha de sangre ha sido establecida por Rajamannar mediante inmunoelectroforesis:

- ✓ De 10 a 15 días. Presencia de gammaglobulinas β 2M, β 2B, β 2C y β 1 y ausencia de otras proteínas séricas.
- ✓ De 30 a 45 días, β 2M y ausencia de globulina.
- ✓ De 60 días. Sólo hay gammaglobulina β 2 y β 1 globulina.
- ✓ De 150 días. Sólo hay gammaglobulina y β 1 globulina.²⁶

Gota a gota:

Si el sangrante está detenido en un punto, se producen sobre la superficie horizontal que lo soporta, manchas circulares, a veces superpuestas.

Si la hemorragia es muy profusa, el número de gotas que cae, forma un chorro continuo y la imagen hematológica es una línea continua.

Si el sujeto corre y las gotas caen aisladamente, las manchas serán tanto más alargadas y espaciadas, mientras mayor sea la velocidad del individuo.

Si el herido cae sobre el plano horizontal y la sangre sigue emanando, formará una mancha más y más grande, de contornos generalmente irregulares, sorteando los obstáculos que encuentra a su paso (cabeza del herido, levantamientos del terreno, etc.)

Si el sangramiento dura largo tiempo, la primera sangre que sale se coagula, y la que continúa emanando sortea este obstáculo, dejando imágenes planas o relieves, según la porosidad del soporte. Si éste es impermeable, podremos encontrar un charco, un lago o laguna, según sea la cantidad de sangre que ha brotado de las heridas.²⁷

6.4 Metodología general para la investigación criminalística de las manchas de sangre.

El estudio forense de manchas de sangre plantea dos problemas igualmente importantes: uno desde el punto de vista de la Criminalística de Campo, con fines reconstructivos de un hecho delictuoso; el segundo, identificación que resuelve la Inmunohematología Forense.²⁸

Para resolver el primero, se atiende a la morfología de las manchas en el sitio del ilícito, indicándonos los movimientos de la víctima y/o del victimario.

Al llegar al lugar de los hechos, que deberá preservarse para conservar su originalidad, se fijará, siguiendo la metodología criminalística rutinaria, para poder, después de la observación, efectuar una interpretación correcta de la dinámica del hecho; fijación que deberá seguir los siguientes pasos:

- ✓ Tomar las fotografías necesarias, desde diferentes ángulos.
- ✓ Describir la escena con claridad y sencillez, tomando medidas que se relacionarán con las paredes o puertas, nunca con objetos movibles.
- ✓ Dibujar un croquis sencillo.

Forma de las huellas o rastros hemáticos.

Las huellas hemáticas pueden clasificarse por:

- ✓ Forma: circulares y alargadas.
- ✓ Dimensiones: pequeñas, medianas, grandes y muy grandes
- ✓ Cantidad.

Como se podrá observar, las manchas circulares con bordes nítidos, son producidas por un cuerpo estático y a poca altura; a medida de que ésta aumenta, la mancha no pierde su redondez, pero si empieza a presentar bordes estrellados, con la formación de líneas radiales, que a mayor distancia comienzan a alejarse de la periferia, produciéndose la proyección de las mismas.

Las manchas en forma de gota alargada, corresponden a un cuerpo en movimiento y el vértice o ángulo de la gota, indica la dirección en que caminaba la víctima.

Las manchas grandes y de forma irregular, generalmente con un espacio interior en blanco, indican el sitio final en que estuvo el cuerpo del cual emanaba; por esto es importante marcar con gis el contorno, antes de proceder al levantamiento del cadáver.

Las manchas por arrastramiento, aparecen irregulares y dejando una cauda.

Las manchas por proyección, se observan con numerosas salpicaduras, generalmente producidas por sangre arterial y a veces seguidas de escurrimiento.

En las manchas por contacto y/o apoyo, generalmente irregulares, a veces se suelen encontrar fragmentos de huellas dactilares; o bien de manos o pies.

La presencia o ausencia de sangre sobre las manos o pies de la víctima deben valorarse para determinar si huellas de esa naturaleza proceden del victimario.

Las manchas que son lavadas muestran generalmente forma irregular; si el lugar es factible de obscurecerse, se recomienda utilizar un rociado con luminol para hacerlas visibles y poderlas fotografiar.²⁹

6.5 Búsqueda de manchas de sangre

Una mancha de sangre relativamente fresca en general, tiene un color rojizo marrón, y su contraste es brillante, por ejemplo, manchas de óxido. Una capa muy fina de color puede ser verde grisáceo. El brillo desaparece lentamente bajo la acción de la luz del sol y el calor, el viento y el clima, o como resultado de un intento de lavado, y finalmente se convierte en el color gris.

Las manchas de sangre pueden, sin embargo, asumir otros colores de rojo a marrón o negro, o puede aparecer el verde, gris o blanco. El color y también el tiempo necesario para el cambio, depende del material de fondo, el cambio es rápido en superficies de metal y más lento en los textiles. Algunos tipos de tela absorben la sangre en los hilos.

El brillo superficial es a menudo menos marcado en la tela. Manchas de sangre en el papel pintado puede mostrar colores sorprendentes, debido a que la sangre toma el color del papel. Algunas otras manchas como un compuesto de pigmento, el óxido, el tabaco, orina, heces, café, etc, pueden ser fácilmente confundidas con manchas de sangre.³⁰

En la búsqueda de manchas de sangre, las marcas no deben ser clasificadas de acuerdo al color y carácter de una mancha que parece desviarse del carácter normal de una mancha de sangre, mientras que una que se asemeja a la sangre se puede componer de otra sustancia.

Cuando se buscan manchas es conveniente permitir que la luz de una linterna eléctrica pueda quedarse oblicuamente contra la superficie debajo de la inspección. A veces una mancha se presenta mejor contra una superficie cuando se ilumina con luz coloreada.

De vez en cuando el agresor limpiará las premisas. Endereza el mobiliario, el daño es disimulado, y la sangre se lava con el propósito de ocultar el crimen, para retardar su descubrimiento, y / o destruyendo evidencia. La búsqueda de la escena debe extenderse por consiguiente también a lugares que no están a la vista directa. Un delincuente con dedos sangrientos puede por ejemplo, haber abierto un cajón, o tocar entre los papeles, tocar una cerradura de puerta, y así sucesivamente. Debe prestarse atención en las cubetas lavadas y cestos de basura.

También deben examinarse subsecuentemente los tubos del desagüe ya que puede haber sangre si las manos delictivas fueran lavadas allí. Las toallas, y otros tejidos que pueden haber sido empleados para limpiar sangre también deben examinarse. Si se ha lavado el suelo para quitar manchas de sangre, esta posiblemente puede encontrarse en las grietas del suelo, conexiones entre los azulejos, bajo los bordes de linóleo, y en lugares similares.

La búsqueda de sangre en ropa debe llevarse a cabo cuidadosamente y sistemáticamente. Aún cuando la sangre se ha lavado fuera de las partes más visibles, todavía pueden encontrarse manchas en las costuras, en el forro, dentro de las mangas, en bolsillos y delante. Las manchas que se han difundido por lavado pueden concentrarse en el laboratorio.

Los sospechosos también pueden tener manchas de sangre no sólo en su ropa, sino también en su cuerpo. Al aire libre, la búsqueda para manchas de sangre es a menudo difícil. La lluvia, nieve, luz del sol, y el viento pueden haber borrado parcial o completamente las marcas. La marca de sangre puede haber cambiado su color en un tiempo corto debido al carácter de la tierra. Si la tierra da la impresión de humedad en ciertas partes, en estas partes debe prestarse especial atención, como también de las hojas de césped, hojas y ramas de árboles.

Deben examinarse objetos en los que la presencia de manchas de sangre es sospechosa y muy cuidadosamente en grietas y costuras, ya que a veces pueden encontrarse manchas en cosas así aún después de que el objeto se ha lavado o ha limpiado. También hay que recordar que esto no significa que la sangre debe encontrarse en un cuchillo u otro objeto similar que se ha utilizado en un asesinato o asalto.

Si la sangre ha atravesado la ropa de cama es necesario considerar si ha atravesado toda la ropa de cama o ha permanecido en, por ejemplo, el colchón. Esto es de la más gran importancia estimando la cantidad total de sangre y a veces permitiéndole al patólogo determinar el tiempo que ha pasado de muerte subsecuentemente.

6.6 Descripción y registro de manchas de sangre

En el caso de manchas de sangre, la descripción debe ser de su forma, color, tamaño, posición, dirección de la altura de caída y similares. La mejor manera de preservar la aparición de manchas de sangre es a través de la fotografía.

Fotografías que muestran en general un mediano alcance, y vista de cerca que debe ser del hecho. Una escala debe ser incluida para el primer plano de fotografías. Además de la fotografía, un esbozo es útil para mostrar el aspecto general de las manchas, así como su posición en relación con otras áreas de la escena del crimen. El dibujo debe contener la ubicación y dirección de las manchas ³¹

6.7 Problemas medicolegales

En el estudio de manchas de sangre, conviene seguir el siguiente razonamiento:

- ✓ ¿Se trata de una mancha de sangre?
- ✓ ¿De qué especie animal?
- ✓ En sangre humana, ¿a cual grupo sanguíneo pertenece?
- ✓ ¿Cuál es la edad de la mancha?
- ✓ Región orgánica de que procede:

Sangre menstrual. Contiene epitelio endometrial y vaginal, bacterias, protozoarios (*Trichomonas vaginalis*), hongos (*Candida albicans*) y moco.

Sangre genital, en violación. Orienta su ubicación; puede acompañarse de vello pubiano, semen y células de la vulva.

Sangre genital de parto. Puede contener unto sebáceo, vello fetal, meconio y restos placentarios.

Hemoptisis. Suele presentarse en el escenario en forma de salpicaduras.

Hematemesis. La sangre puede estar mezclada con restos alimenticios y células de mucosa digestiva. ³²

6.8 Interpretación en los patrones de manchas de sangre

El examen de la sangre provee información invaluable para el científico forense en varias áreas de la investigación criminal. Esta información es de mucha ayuda para el patólogo forense, toxicólogo, serólogo y criminalista.

La sangre es estudiada por el patólogo forense para asistir en el diagnóstico de varias enfermedades que pueden estar relacionadas con la causa de muerte, como el SIDA, anemia, leucemia o malaria, así como otras condiciones. El patólogo forense también utiliza sangre como evidencia durante un examen externo de la víctima antes de la necropsia. La lividez postmortem y la solución de la sangre dentro del cuerpo pueden ayudar a establecer el tiempo aproximado de muerte o si la lividez es consistente con la posición de la víctima en la escena. Una lividez de color rojo cereza puede sugerir un envenenamiento por monóxido de carbono o cianuro. El examen de la sangre por el por el toxicólogo forense en conjunción con otros fluidos y tejidos determina la presencia o ausencia de alcohol, drogas y venenos.

El serólogo forense examina la sangre colectada en la escena del crimen para establecer que en realidad sea sangre, y establecer si es humana o animal.³³

6.9 Lo que la forma y posición de las manchas de sangre revelan

Es frecuente que el aspecto de las manchas de sangre proporcione datos importantes respecto a las circunstancias del homicidio. Las gotas de sangre y sus salpicaduras tendrán diferentes aspectos según la altura desde la cual hayan caído. De poca altura las gotas son redondas, a condición de que no sea dispareja la superficie sobre la que caen; de mayor altura, las gotas serán de orillas dentadas, y cuanto mayor sea la altura, más dentadas aparecerán. Si caen de una altura considerable, dos o tres metros, las gotas se desparramarán en gotitas.

Lo anterior sólo es aplicable a gotas que caen perpendicularmente sobre una superficie y sin que se mueva el lugar de donde proceden, pues si proceden de una persona en movimiento, su forma será bastante diferente. En este caso el movimiento de la gota es doble:

- ✓ El movimiento vertical debido a la fuerza de gravedad
- ✓ El movimiento horizontal debido al avance de la persona.

Cuando la primera parte de la gota toca el piso, la parte restante se está moviendo todavía horizontalmente y chapotea sobre la primera parte formando así proyecciones dentadas. La dirección de estas proyecciones indica la dirección en que se movía la persona y cuanto más a prisa haya ido caminando, más largas y más angostas serán las gotas y sus proyecciones; pero se debe advertir que tal aspecto puede depender también de otras circunstancias. Si, por ejemplo, al cometer un homicidio se levanta un hacha empapada de sangre para dar un segundo hachazo, las gotas de sangre que de ella caigan; tendrán las mismas características que se acaban de describir. Por consiguiente, es necesario examinar minuciosamente todas las manchas de sangre, porque su posición en relación de las demás puede arrojar alguna luz sobre las circunstancias del crimen.

No deberán derivarse del aspecto de las gotas de sangre, conclusiones apresuradas, respecto a la dirección que haya seguido la persona, porque ésta, al caminar, puede haber movido una mano herida empapada de sangre, en dirección opuesta a aquella en que haya ido caminando; y puede también haber permanecido en un mismo lugar y haber movido sólo un miembro. En tales casos, la dirección de las gotas y de sus proyecciones no indica la dirección en que se haya movido la persona. Sin embargo, en la mayoría de los casos tales gotas se caracterizan por sus pequeños dientes o proyecciones.

Si se arroja una gota de sangre con cierta fuerza en ángulo agudo contra un objeto, se formarán salpicaduras. Como resultado de la rapidez del movimiento de las gotas al tocar el objeto, la última parte de la gota continuará moviéndose sobre la primera con tal rapidez, que se formará una mancha parecida a un signo de admiración cuya punta revelará la dirección del movimiento.

Cuanto más obtuso sea el ángulo en que la gota pega sobre el objeto, más grueso será el signo de admiración; y cuanto más agudo sea el ángulo, más larga y angosta será la forma del susodicho signo.

Si una gota de sangre lanzada desde cierta distancia toca oblicuamente una pared vertical, la dirección del signo de admiración puede llevar a conclusiones falsas. Lo que se acaba de mencionar respecto a que la parte gruesa del signo de admiración indica la procedencia y la punta indica la dirección del movimiento, sólo es válido para salpicaduras que proceden de una distancia corta, pues si la distancia es larga, cada gota gravitará muy pronto hacia el piso, y entonces, aunque originalmente la gota de sangre fuera en dirección absolutamente horizontal, la mancha en la pared podría mostrar estos signos de admiración en dirección contraria a la del movimiento.

La procedencia de las salpicaduras de sangre puede variar, pues pueden provenir de arterias lesionadas, las cuales producen salpicaduras muy peculiares, aunque es raro que esto ocurra. Es más frecuente que ocurran salpicaduras cuando se golpea con violencia una herida sangrante o cuando caen gotas de sangre de un arma manchada que el asesino mueve rápidamente. El número de manchas, su aspecto y la posición de cada una en relación con las demás, permitirán en muchos casos derivar conclusiones respecto a su origen. Muchas veces ha sido posible deducir la posición del asesino y la manera como manejó el arma, con sólo examinar las manchas de sangre.

Al examinar el aspecto de las manchas de sangre, se recomienda hacer una reconstrucción con la ayuda de sangre de buey o de algún otro animal que pueda obtenerse fácilmente. La superficie sobre la cual se encuentre la mancha de sangre es un detalle de importancia, en cuanto puede alterar su forma original. Si el material es terso, mosaico, madera pulida, vidrio, cuero, porcelana, etc, la mancha de sangre conservará su forma original; pero si el material es poroso, por ejemplo, algodón, lana, papel secante, pelo, ladrillo poroso, madera porosa, etc., la forma original se alterará debido a que el material absorberá la sangre.

Ninguna mancha de sangre es tan característica que sólo pueda haberse originado de una manera; por tanto, se necesita amplia experiencia para derivar conclusiones correctas. La posición y la forma de las manchas deberán registrarse minuciosamente por medio de fotografías y dibujos.

La forma de las manchas de sangre en la ropa es también importante, pues ofrece una manera de comprobar las explicaciones del acusado respecto a la presencia de manchas en su ropa. Cuando por ejemplo, un acusado alega que salpicaduras de sangre en su ropa se deben a que se le ha tocado con las manos ensangrentadas, inmediatamente se puede sacar la conclusión de que está mintiendo. Además una parte importante de la ropa que se debe de revisar es la bragueta de los pantalones, porque es frecuente que un homicida orine involuntariamente después del crimen.³⁴

6.10 ¿Cuánto tiempo sobrevivió la víctima después de la agresión?

La cantidad de sangre que se encuentra en las inmediaciones de la víctima puede servir de base para la estimación de la supervivencia. Al morir, la presión arterial desciende a cero y naturalmente cesa la hemorragia. En otras palabras, *los cadáveres no sangran*. Se consideraría una excepción en que habiendo una lesión de considerable tamaño, el cadáver quedará en una posición que permitirá la salida de sangre por gravedad. Generalmente son de tinte oscuro y la cantidad depende del tamaño de las heridas y del calibre de los vasos que hayan sido comprometidos. Cuando la cantidad de sangre es considerable y las heridas son pequeñas, es presumible que la víctima logró sobrevivir un tiempo de consideración y aún de que la efectiva causa de muerte fue la cuantiosa pérdida de sangre.

En los casos de muerte prácticamente instantánea, consecutiva a heridas del corazón, lo frecuente es que la hemorragia al exterior sea de muy escasas proporciones.

Estimación de la antigüedad de la mancha. Para esta estimación contribuye el grado de coagulación, lo avanzado de la desecación y las variaciones del color, es necesario identificar lo siguiente:

- ✓ ¿El color de la sangre es rojo brillante o bien se identifica con el café o con el negro?
- ✓ ¿Ofrece la sangre una condición de humedad o bien está seca o solamente está seca en los bordes de la mancha?
- ✓ Cuando la sangre aparece aún fluida y pasa un lápiz como para dibujar sobre el soporte, ¿La sangre queda separada o bien vuelve a juntarse cubriendo el espacio que deja el lápiz al deslizarse?

El color rojo brillante hace presumir su origen arterial; si la coloración es oscura, probablemente es de origen venoso. La coagulación se inicia después de 3 a 5 minutos; cuando esta ha avanzado lo suficiente, persiste la marca o dibujo que se practique con un lápiz u otro objeto terminado en punta roma. Al avanzar la desecación, la coloración se hace más oscura, adquiriendo la de café oscuro cuando la desecación es completa. En algunos casos y cuando han transcurrido varios días, puede ofrecer un tinte que se identifica con el negro. Las gotas de sangre que se depositan sobre una superficie lisa como puede ser la cubierta de una mesa o el piso, tardarán en secarse aproximadamente una hora a temperatura ambiente.

En los casos donde la abundancia de la sangre da lugar a la formación de un charco, pueden pasar varias horas antes de que quede totalmente seca; se tomará en cuenta desde luego el espesor de la capa de sangre. Después de que se ha desecado totalmente, las estimaciones cronológicas se van haciendo más difíciles en atención a la lentitud con que avanzan otros procesos utilizables en las investigaciones de laboratorio.³⁵

7. CLASIFICACIÓN DE LAS MANCHAS

Se pueden clasificar las manchas de sangre en tres categorías generales básicas: manchas pasivas, manchas de transferencia, y manchas de proyección o impacto.

- ✓ Las manchas pasivas incluyen coágulos, gotas, flujos, y charcos.
- ✓ Las manchas de impacto incluyen modelos como salpicadura, por lanzamiento, borbotones arteriales y chorros.
- ✓ Las manchas de transferencia incluyen manotazos, golpes fuertes, patrones de transferencia y otras manchas de sangre por contacto.



Figura 4. Todas las manchas de sangre generalmente encajan en uno de las cuatro categorías: pasiva, transferencia, proyección y diversos. (Liber, 1985)

7.1 Ángulo de impacto

Es el ángulo agudo formado entre la dirección de la caída de la sangre y el plano de la superficie que golpea.

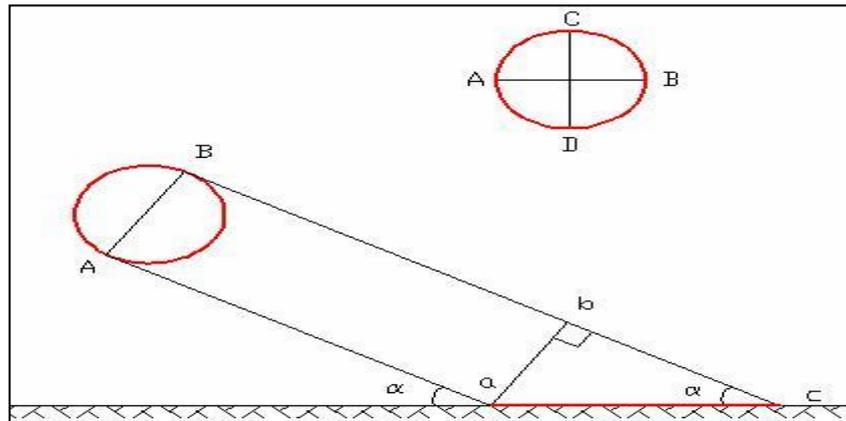


Figura 5. Ángulo de impacto. El ángulo agudo (menor que 90°) que una gota golpea una superficie dada. (Laber, 1985)

En caída libre las gotas de sangre caen verticalmente sobre una superficie horizontal teniendo un ángulo de impacto a 90° . Las manchas de sangre resultantes son esencialmente de forma circular en una superficie dura y lisa. De forma irregular a menudo se presentan proyecciones de espinas y salpicaduras periféricas en las superficies más ásperas y porosas.

Cuando una gota esférica de sangre, en caída libre viaja por el aire incide sobre una superficie no horizontal, las manchas de sangre resultantes son más ovaladas o elípticas y alargadas en relación con el ángulo de impacto. La elongación es producida por una gota de sangre que se pone en contacto y se desliza sobre la superficie de contacto. Cuanto más agudo es el ángulo de impacto, mayor será la elongación de la mancha de sangre que corresponde al centro o al punto más ancho de la esfera. Dependiendo del tipo de superficie en la cual impactó, en el borde de la mancha se pueden exhibir las características proyecciones espinosas o pequeños puntos como salpicaduras.

Se debe aclarar que, en pleno vuelo, el ancho de la gota es igual al largo, es decir, la gota es esférica (tensión superficial). Además, el volumen de una gota de sangre normalmente es de 0,05 ml (a menos que actúe una fuerza externa) y su velocidad terminal en caída libre es de 7,65 m/s ($\pm 0,15$).

Como se puede ver en la figura 6, el ángulo α de incidencia puede calcularse mediante una relación trigonométrica utilizando como datos el ancho de la gota CD (que equivale al lado opuesto ab), y el largo AB, considerando estos como los lados de un triángulo rectángulo.

Ejemplo:



Figura 6. Se muestran las medidas de una mancha de sangre y el cálculo de ángulo de impacto. (Laber, 1985)

El ángulo de impacto es relativo a la superficie. Por ejemplo, gotas o salpicaduras de sangre que caen en forma descendente e impactan el suelo tienen un ángulo de impacto de 90°. Las gotas que se mueven por el cuarto e impactan una pared también pueden tener un ángulo de impacto de 90°. Pueden expresarse las posibles medidas del ángulo de impacto en un rango del ángulo más agudo 1° a un máximo de 90°.

Mucha de la aplicación de las matemáticas al análisis del modelo de manchas de sangre trata de definir éstos ángulos de impacto y determinar el punto de origen para las manchas que serán evaluadas. Es indispensable que considerando estos problemas uno recuerda que el ángulo de impacto es relativo a la superficie durante el momento de los impactos de la sangre.³⁶

7.2 Salpicadura

Las manchas son creadas como resultado de un impacto. Hay dos tipos de salpicadura: *delantera* y *trasera*. El impacto, siendo de cualquier naturaleza, causa una dispersión de la sangre del origen en gotas más pequeñas (salpicadura de impacto). En contraste, las gotas de sangre que simplemente caen como resultado de la gravedad, como en el sangrado venoso (a menudo llamadas manchas de baja velocidad) son manchas, no salpicadura. En casos en donde impacta se produce la salpicadura, si esta se proyectó fuera o lejos del objeto que crea la fuerza o energía, se considera que es salpicadura delantera. La salpicadura regresa obviamente a la parte trasera del objeto que crea la fuerza.

El tamaño de la salpicadura depende de la naturaleza y fuerza asociada con el impacto. Aunque no en lo absoluto, la salpicadura trasera generalmente consistirá en menos manchas y ligeramente más grande que aquéllas que presentan una salpicadura delantera. Esto es particularmente verdad en los casos de salpicadura de impacto creados por un tiro.

En el impacto, un proyectil crea un camino cónico de partículas que se extiende fuera del sitio del impacto. La sangre y el tejido se proyectan a lo largo de este camino, no sólo en la dirección del proyectil, sino también hacia la parte trasera, que es la fuente del proyectil. El ancho de los dos caminos se expande como la distancia que aumenta desde el sitio de impacto.

El efecto es similar a lo observado en depósitos de residuo de pólvora. En estas situaciones la mayoría de la fuerza de los proyectiles se concentra a lo largo del vector del proyectil y produce la tendencia hacia un modelo más simétrico e intenso en la salpicadura delantera. Las fuerzas que causan salpicadura trasera todavía son consideradas cuestionables, pero uno puede ser el desplome de la cavidad de la herida temporal formado en la huella de la herida. Estas fuerzas no son tan intensas como aquéllas que se presentan en el propio proyectil y producen menos dispersión ya que menos sangre es proyectada hacia atrás.³⁷

7.3 Borbotones y chorros de sangre arterial.

El escape de la sangre bajo presión por cualquier ruptura en una arteria o en el corazón, muestra presión, fluctuaciones de presión o ambos.



Figura 7. Borbotón arterial. El incremento y disminución por la presión de la sangre es evidenciada por el arco del patrón. (Houck, 2006)

La sangre en las arterias fluye con mayor presión que en las venas. Si una arteria es abierta a través de algún mecanismo hiriente, mientras que el corazón aún funciona, el patrón resultante determina el aumento y disminución de la presión arterial cuando fluye de la herida. Los chorros arteriales son modelos de gran volumen en los que las variaciones de presión simplemente son menos distintas al volumen del chorro de sangre fuera de la herida. Los borbotones arteriales normalmente representan un volumen más pequeño (el volumen se refiere a la cantidad de sangre al escapar de la herida en ese momento particular, no en el volumen total perdido).

El modelo arterial más típico refleja este incremento y disminución de presión de los rastros de sangre en superficies circundantes. El modelo puede tener una apariencia de zigzag con una terminación distinta, o una apariencia más ondeada. En casos donde la sangre arterial brota directamente en la superficie, los modelos hallados pueden mostrarse como rastros vagos con muchas espinas.

7.4 Sangre atomizada / nebulización

Las manchas de sangre con características similares a la niebla, que son generalmente asociadas con fuerzas explosivas como un tiro.

Cuando se aplica una fuerza o energía suficiente a una fuente de sangre, la sangre puede ser reducida a un aerosol, resultando en manchas de sangre atomizadas. Tal efecto también se conoce como *efecto de niebla*.

Los patrones resultantes consisten en manchas muy pequeñas y generalmente circulares. Las manchas individuales pueden ser macroscópicamente indistinguibles dentro del modelo global, produciendo un área que aparece como un color rojizo, como un ligero rocío pintado. El número de las manchas individuales puede ser de diez o exceder los cientos. El número real que se encuentre en una escena dada depende de varios factores a incluir, pero no se limita a la naturaleza, sitio de la lesión, superficies intermedias como las prendas, y la naturaleza de los proyectiles que provocan la herida.

Las manchas atomizadas siguen el principio general que cuando se aplica la energía o fuerza a la fuente de sangre estas aumentan, una disminución se observará en el tamaño de la mancha individual. Típicamente el diámetro global de semejantes manchas medirá una porción de milímetro.



Figura 8. Sangre atomizada / nebulización (Houck, 2006)

7.5 Coágulo

Un coágulo es una masa gelatinosa formada por un mecanismo complejo que involucra células rojas de la sangre, el fibrinógeno, plaquetas y otros factores de la coagulación. Bajo condiciones normales, la sangre se mantiene dentro de los vasos sanguíneos en su estado líquido; sin embargo, cuando es apartada del cuerpo se espesa y forma un gel. El coágulo consiste en los componentes celulares de la sangre. En esta fase un líquido de color paja es evidente alrededor de la masa coagulada. Este suero simplemente es plasma sin los sólidos de la sangre.



Figura 9. Coágulo en la escena del crimen (Houck, 2006)

7.6 Acción capilar

La fuerza expuesta por la atracción de un líquido a la superficie está en contacto con su propia tensión superficial. Esta atracción produce a menudo características en las manchas para las que ningún defecto correspondiente puede existir.

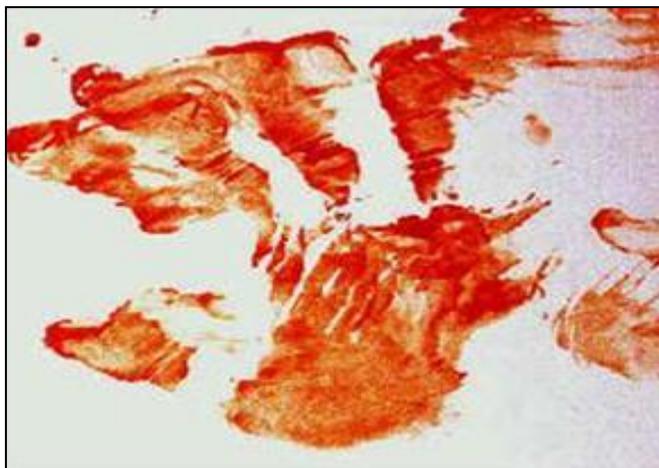


Figura 10. Los rasgos lineales distintos están presentes como resultado en el modelo de la acción capilar. (Houck, 2006)

Discutiendo la acción capilar en el análisis de manchas de sangre es evidente que la definición no sigue la definición científica de atracción capilar estrictamente. El último es la fuerza como resultado de la tensión superficial y de adherencia de líquidos cuando está en contacto con sólidos. En el análisis de modelos de manchas de sangre se usa este término para describir dos acciones observadas que se relacionan con la atracción del capilar.

Una primera acción evidente es cuando dos objetos en contacto están separados, mientras la sangre está entre ellos, un ejemplo puede ser una mano ensangrentada que se alza fuera de un suelo o pared, la fuerza adhesiva de la sangre en las superficies para fijar la sangre en los dos objetos. Al mismo tiempo la tensión superficial de los líquidos por sostener la sangre como una sola entidad. Obviamente, la tensión superficial del líquido se superará eventualmente, pero en el proceso el líquido es arrastrado al mismo tiempo entre los objetos y causando una línea o demarcación que no tiene ningún rasgo de la correlación en cualquiera de los objetos en la creación de la mancha. Un segundo uso encontrado es describir el flujo de sangre alrededor de los objetos. Un ejemplo puede ser el brazo de la víctima. Obviamente, el arma actúa como una barrera, pero la naturaleza adhesiva del líquido al brazo también puede dar lugar a lo que podría aparecer como el flujo de sangre antinatural.

7.7 Proyección de manchas

Las manchas se crean cuando la sangre se lanza o se proyecta de un objeto en movimiento o uno que suspende repentinamente algún movimiento.

Los patrones, referidos como lanzamiento de las manchas, son el resultado de cuando la sangre es arrojada de algún objeto secundario. Este objeto puede ser un arma (por ejemplo un bat o martillo) o quizás la víctima se sujeta (por ejemplo la mano o el cabello). Este tipo de manchas son modelos que reflejan generalmente la posición del objeto del cual fueron lanzadas; las manchas pueden identificar por lo menos el número mínimo de golpes, y proporcionará probablemente información acerca de la dirección o el movimiento involucrado en su creación. El tamaño de las manchas por lanzamiento será a menudo más pequeño que aquéllos que se encontraron en una mancha de goteo. En este tipo de manchas el movimiento con forma de fuerza centrífuga lanza la sangre lejos del objeto.



Figura 11. Los distintos patrones lineales exhiben movimiento. (Houck, 2006)

7.8 Direccionalidad

Relacionando o indicando el vector de una gota en relación a una superficie.

Una de las piezas más importantes de información disponible para el análisis es la direccionalidad de la mancha en cuestión. La direccionalidad denota el camino o vector de las gotas que se estaba siguiendo en el momento que impactaron en la superficie.

La direccionalidad es evidenciada por formar una hilera que se crea a menudo por el impacto de una gota. En todos los casos excepto por las salpicaduras tipo satélite, esta cola apunta en la dirección del viaje de la gota.



Figura 12. Un patrón de mancha que muestra dos diferentes eventos originados en direcciones opuestas. (Houck, 2006)

7.9 Ángulo direccional

El ángulo, es visto de frente sobre la superficie, entre el eje largo de la mancha y un punto de referencia normal.

Define la direccionalidad de una gota en relación a la superficie. Esto es medido como un grado, con el propósito de definir el camino del vuelo que usa el software forense.

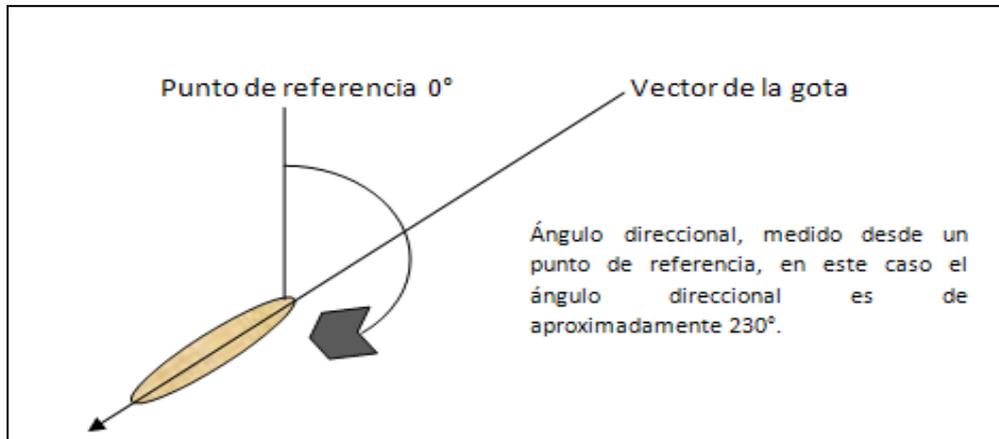


Figura 13. Ángulo direccional. El ángulo entre el eje largo de una mancha y un punto de referencia normal. Este ángulo describe la direccionalidad. (Houck, 2006)

7.10 Inconveniente/efecto de retraso

Al proceso por el que la sangre es depositada en el interior del cañón de un arma después de la ejecución. En casos de lesiones por balazo que involucran heridas, la determinación de sangre es encontrada a menudo dentro del cañón del arma. Las correlaciones probables entre la cavidad de la herida temporal y la creación de salpicaduras traseras son probables. Cualquiera puede ser la causa específica, la sangre y el tejido se han hallado tanto como 10 pulgadas sobre un cañón. Esta distancia de penetración en el cañón puede proporcionar información pertinente de la distancia entre la herida y el arma cuando esta se disparó.



Figura 14. La sangre es depositada en el interior del cañón de un arma después de la ejecución. (Houck, 2006)

7.11 Sangre expiratoria

La sangre se forzó de la boca, nariz o del sistema respiratorio bajo presión, produciendo una salpicadura.

En situaciones que producen lesiones en boca, garganta, o pulmones un modelo de salpicadura se crea a menudo el cual puede imitar a la salpicadura de impacto en otras circunstancias. En el proceso mecánico de las acciones respiratorias de la sangre cuando es introducida en las vías aéreas de una víctima aún con vida, la sangre se dispersa en manchas relativamente pequeñas. Este proceso es análogo a la atomización que forma una neblina forzando al exterior el líquido que emplea presión atmosférica. Toser, abrir la boca, y la naturaleza básica de la respiración de la víctima obviamente afecta la naturaleza del modelo de la presión atmosférica involucrada, que a su vez afecta la apariencia de las manchas resultantes.

Los rangos en los tamaños de las manchas de la expiración pueden imitar los modelos medio o alto de la velocidad en las salpicaduras. Un error para reconocer la sangre por expiración y sus identificaciones erróneas como salpicaduras de otro evento pueden nublar fácilmente el análisis resultante. Aunque no es una regla absoluta, el color de la sangre de la expiración puede ser menos nítido (puede ser diluido a través de saliva) o contiene evidencia de cómo eran las burbujas aéreas pequeñas antes de estallar.



Figura 15. Sangre expiratoria. Este ejemplo ha sido generado por la extracción de sangre la cual ha sido mezclada con saliva en la boca. La sangre salió a través de la tos. Cualquier sangre restante se dejó fluir de la boca y caer hacia la superficie. (Houck, 2006)

7.12 Manchas de mosca

La actividad de las moscas en la escena del crimen produce a menudo manchas que pueden parecer salpicaduras a primera vista. Las moscas pueden regurgitar, excretar, o dejar huella de cantidades pequeñas de sangre hacia los artículos dentro de la escena, produciendo manchas.



Figura 16. Manchas producidas por moscas, las cuales pueden proporcionar información falsa si no se tiene un conocimiento adecuado. (Houck, 2006)

7.13 Trayectoria de vuelo

La orientación global de cómo una gota golpea una superficie dada. La trayectoria de vuelo es definida por el ángulo de impacto y el ángulo direccional en consideración con el punto de origen.

7.14 Sitio de impacto

El punto donde una fuerza dada encuentra la fuente de sangre.

Discutiendo sobre las manchas de sangre y su relación con la escena del crimen, se hacen referencias al apuntar sobre el origen, sitio de impacto o superficie. Todos parecen estar relacionados, pero se usan en contextos específicos los cuales tienen definiciones y significado distintos. Aunque se hacen numerosas referencias a gotas que impactan sobre una superficie, un sitio de impacto no es el punto donde impactó la gota. El sitio de impacto generalmente denota un punto en el cuerpo o la ubicación que recibe la fuerza de un golpe y produce una mancha de sangre.

Este término es usado ocasionalmente para describir el punto de impacto de las gotas, refiriéndose simplemente al punto donde la gota pegó en la superficie y produce el modelo de mancha observado.

7.15 Origen / Punto de origen/ Área de origen

El punto o área en tercera dimensión donde se originó la gota de sangre.

Podría parecer que el punto de origen y sitio de impacto son términos que van de la mano, pero el origen y punto de impacto son conceptos distintos. En la mayoría de los casos, el sitio de impacto es el origen de cualquier mancha dada o salpicadura. Un arma que entra en contacto con el cuerpo crea un sitio de impacto y así una fuente de sangre, esta sangre es transferida al arma y se lleva al arma cuando se gira.

En los diversos puntos a lo largo de este giro la sangre puede lanzarse lejos e impactarse sobre alguna superficie. En la localización del origen de estas manchas el punto de origen determinará el sitio donde la gota se separó del arma. El punto de origen, se refiere al área general donde la gota se origina con respecto a su trayectoria de vuelo.

7.16 Mancha madre

La mancha de la cual se origina la salpicadura.

Cuando se encuentran manchas de sangre en la escena, el analista está muy a menudo involucrado con la direccionalidad de la mancha. Para distinguir la direccionalidad, se puede identificar la mancha como un salpicadura/mancha madre o mancha madre/mancha satélite.

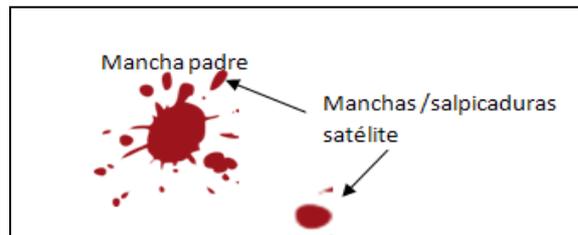


Figura 17. Una mancha padre genera diversas "manchas satélite". (Houck, 2006)

Cuando una gota impacta una superficie la tensión superficial, atracción molecular, inercia, y la velocidad actúan todos juntos sobre la gota o la rompen aparte. Cuando se rompe la tensión de la superficie se supera a la gota principal y las gotas más pequeñas destacan. Ambos son consecuencias de las manchas. Una mancha madre produce en abundancia manchas satélite pero una satélite sólo presenta una mancha madre. La razón primaria para hacer una distinción entre los dos se encuentra en la cola de la mancha. El satélite va detrás del punto hacia el origen, considerando que la cola de la mancha madre apunta lejos del origen.

7.17 Mancha satélite

Las manchas pequeñas son creadas cuando la gota se separa al impactar sobre una superficie.

Cuando una gota de sangre golpea una superficie, por cualquier ángulo, la gota se somete a cambios extremos. Durante estos cambios la tensión superficial actúa para contener el líquido como una entidad íntegra. A menudo, debido a la naturaleza de la fuerza involucrada, esto es imposible. Si la velocidad de estas gotas más pequeñas es suficiente para que se puedan separar de la mancha madre y puedan formar una mancha individual más pequeña. Si estas gotas formadas recientemente se unen o se separan, uno o muchos, son el resultado de una sola acción y pueden ser clasificados como salpicaduras satélite. La diferencia primaria entre el satélite y la mancha madre es esa direccionalidad que será opuesta en cada uno.

Reconocer el satélite y la relación con la mancha madre, es un proceso relativamente fácil. Superando la tensión superficial de la energía(s), las hileras lineales en la mancha madre o el satélite puede ser evidente. Estas hileras ayudarán a la mancha madre a igualar al satélite.

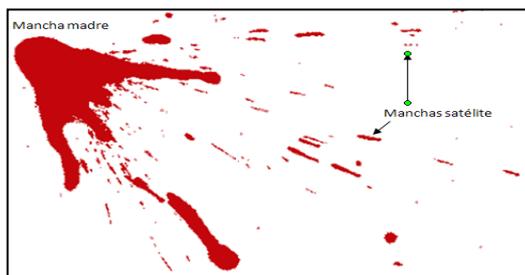


Figura 18. Manchas satélite. (Houck,2006)

7.18 Sangre proyectada

Cuando la sangre es impactada sobre una superficie bajo presión y volumen. La incidencia más obvia de una mancha de sangre proyectada es el borboteo arterial o torrente.

7.19 Rebote de mancha

Cuando la sangre es proyectada en un objeto secundario y rebota o cae a otra superficie.

El derramamiento de sangre en una confrontación violenta es una situación muy dinámica. Siempre se observan los resultados, pero raramente el evento. El rebote de la mancha representa otra mancha que si no es reconocida, puede llevar a conclusiones falsas.

En un impacto, se observa la direccionalidad evidente de una gota como un golpe en la superficie. Se puede examinar siempre una mancha individual con algunas consideraciones por la posibilidad de un rebote.

7.20 Sombra / Desdoblamiento/ Vacío

Si mientras una superficie está exponiéndose de alguna forma a un suceso donde haya manchas de sangre (por ejemplo un fluido ó salpicadura), y hay un objeto secundario presente o introducido entre la fuente de la sangre y la superficie, es probable que el objeto secundario reciba algunas de las manchas.

Si cualquier objeto se mueve seguidamente de su posición original, la superficie restante puede exhibir algún aspecto vacío. Más allá de esta mera presencia, esta área vacía puede también exhibir características del tamaño y forma que pueden ayudar a identificar la naturaleza del objeto. Los términos de desdoblamiento y sombreado son utilizados para describir un patrón de esta naturaleza, debido a que el área vacía lanza una "sombra" del objeto sobre la superficie. A veces la presencia de un vacío indica la presencia de algunos objetos secundarios que son involucrados. La localización del área de vacío ayuda a colocar este elemento en la escena del crimen en el momento del ilícito.

Dependiendo de la naturaleza del evento que crea el vacío, el tamaño, la forma o localización pueden proveer información más específica. Este tipo de información acerca del sitio donde se encontraba la víctima es muy específica de la posición y momento.

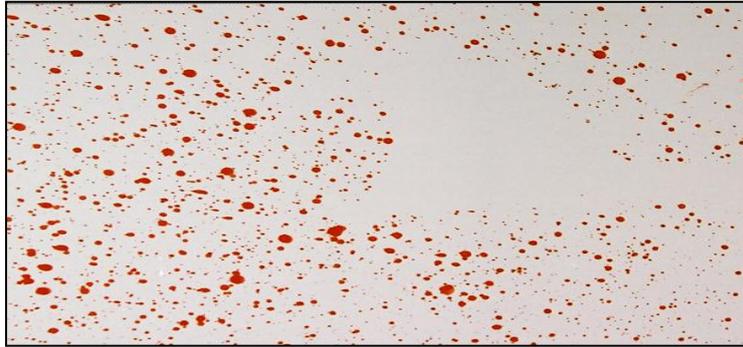


Figura 19. Puede ser posible determinar qué objeto estaba presente durante el derramamiento de sangre al observar el vacío que se creó después de haber sido retirado de la escena. También puede ser posible determinar la secuencia de los hechos al observar los patrones de vacío. (Houck, 2006)

7.21 Manchas esqueletizadas / Esqueletoización

Una mancha de sangre que, a pesar de que sea perturbada, aún refleja su forma y tamaño original.

Cuando es depositada, la sangre puede secarse usualmente por el perímetro exterior hacia el interior de la mancha de sangre. Si la mancha se perturba antes de la realización del proceso secante, los efectos resultantes serán llamados esqueletoización. En este efecto, algunas porciones de la mancha pueden tener remanentes secos sin perturbar, mientras que la sangre húmeda o seca a distancia se dispersa.

La esqueletoización no solo ayuda a identificar el tamaño y forma original de la mancha, también ayuda a la secuencia de las acciones

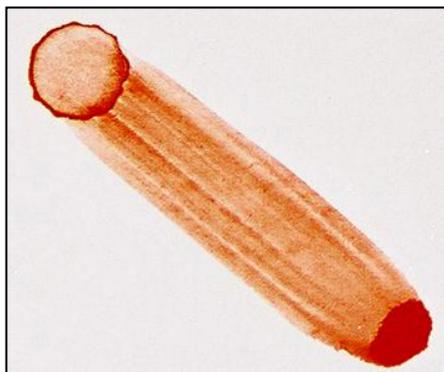


Figura 20. Este modelo fue generado por la creación de una caída pasiva, se esperó el secado y a continuación, se trató de limpiar la mancha. (Houck, 2006)

7.22 Espinas

Como se discutió previamente, la tensión superficial de un líquido es una fuerza viable que intenta unir el líquido como una sola entidad. En el proceso de superar esta tensión superficial, la espina larga (estrecha - como las formaciones que se dan entre una gota madre y la salpicadura satélite) se intenta separar de esta. Esta formación de la espina no sólo se encuentra en la disolución de una sola gota de sangre, sino también cuando las cantidades más grandes de sangre se perturban. Cuando estas estructuras caen sobre una superficie se crean manchas lineales llamadas espinas.

Manchas grandes que exhiben espinas pueden indicar que alguna fuerza se aplicó a la sangre. Un buen ejemplo es una cantidad presente de sangre en el suelo que luego se pisó con un zapato. Las espinas se producen a menudo en este caso. La longitud de la espina depende de la cantidad de sangre presente en la mancha y naturaleza de la fuerza aplicada.

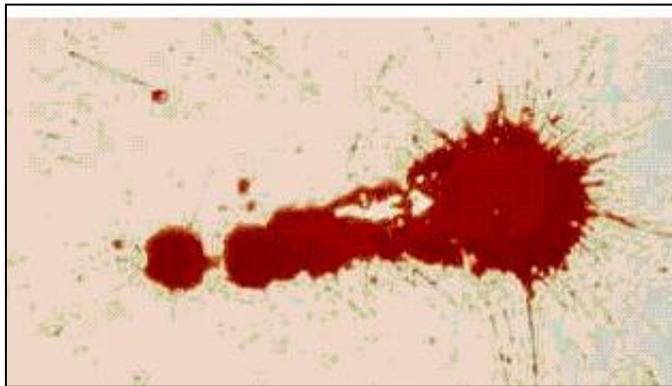


Figura 21. Las espinas se producen incluso en los casos de pequeños volúmenes de sangre (Houck, 2006)

7.23 Flujo pasivo

Un flujo de sangre creado solo por la gravedad, cuando no está involucrada una acción circulatoria. Una forma común de mancha encontrada en varias escenas es el flujo. Estos patrones son encontrados en la víctima, en objetos de la escena, o en superficies. Sólo la herida o posición del cuerpo pueden impedir que por gravedad se creen flujos de sangre pasiva.

7.24 Patrones de transferencia

Cualquier mancha es creada cuando un objeto húmedo en sangre entra en contacto con otra superficie.

Los patrones de transferencia son probablemente las manchas más comunes presentes en cualquier escena donde hay derramamiento de sangre. Esto no debe ser sorprendente ya que se basa en la naturaleza física de la sangre líquida. Estas cualidades adhesivas se

conocían de hace tiempo, una vez que la sangre tiene contacto con un objeto, es difícil de limpiar y tenderá a manchar algo con que el primer objeto tiene contacto en seguida.

Los ejemplos de transferencia incluyen huellas digitales sangrientas, pie e impresiones del zapato o cuando se limpia un arma.

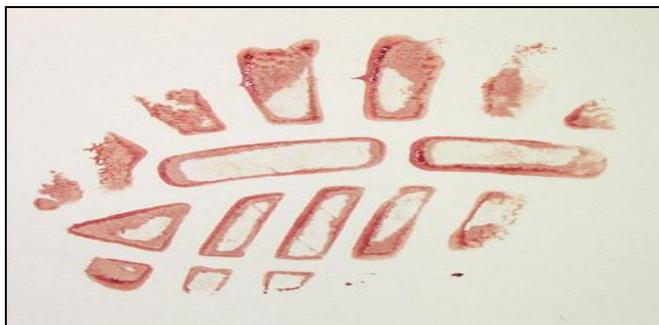


Figura 22. Este modelo fue generado por limpiar sangre en la parte inferior de un zapato y pisar sobre la superficie (Houck, 2006)

7.25 Manchas de saturación

Una mancha irregular causada con el contacto de un origen abundante de sangre (por ejemplo un chorro de sangre).

Las manchas de saturación en la mayoría de las veces, tienen un pequeño o ningún propósito en el análisis. Estas ocurren típicamente al vestir o al exponer objetos de tejido a los flujos de sangre o charcos. Probablemente mucho más que una mancha de saturación estropeará otros modelos de interés. A menudo estos resultados son reportados antes de que el cuerpo se pase a una bolsa de igual manera se documentan las manchas observadas en la ropa de la escena.

En algunos casos, las manchas de saturación pueden ayudar cuando se está investigando que un objeto particular estaba en contacto con la fuente de la sangre de alguna forma.



Figura 23. Este modelo fue generado sosteniendo la fuente de sangre mucho tiempo sobre la ropa. (Houck, 2006)

7.26 Golpe fuerte

La transferencia de sangre sobre una superficie por un objeto en movimiento el cual está ensangrentado; el movimiento involucrado generalmente es considerado como algún tipo de movimiento lateral.



Figura 24. Este patrón se ha generado mediante la colocación de sangre en los cuatro dedos de la mano derecha y arrastrando al otro lado de la superficie de manera fija. (Houck, 2006)

7.27 Limpiadura

La mancha creada cuando un objeto se mueve a través de la misma, el cual se encuentra preexistiendo en otra superficie; entonces se asume que el movimiento es un movimiento lateral. La primera consideración es distinguir lo que fue ensangrentado. Sabiendo este orden se puede agregar claridad global a los eventos que rodean al suceso.

Evaluando también la naturaleza del movimiento lateral que se agrega a la comprensión del evento y define muy a menudo la dirección del movimiento. Estos efectos son particularmente notables. Con las gotas muy finas como aquéllas asociadas con lesiones de tiro, las cuales llevan sólo una distancia corta antes de que la gravedad y resistencia del aire sea de forma descendente.

Para tales gotas pequeñas la distancia total que viaja del origen no excederá normalmente 4 pies.



Figura 25. Este patrón se ha generado, poniendo varias manchas pasivas en una superficie y arrastrando los cuatro dedos de la mano derecha a través de las manchas antes de que se secan. (Houck, 2006)

8. LAS CUATRO FASES DE IMPACTO DE UNA GOTA

8.1 Contacto /colapso

Esta fase empieza cuando las gotas (como esferas) tienen contacto con la superficie. La gota empieza a colapsarse en una misma forma ordenada, del fondo hacia arriba. Esas secciones de la esfera permanecen intactas y no en contacto directo con la superficie hasta que estas también choquen. Como resultado, a medio camino a través del colapso uno vería la mitad de una esfera o que la gota se centró sobre el punto de impacto. Cuando este colapso ocurre, la sangre presente en el punto del colapso es forzada al exterior, creando un borde alrededor de la gota. El flujo al borde ha sido llamado como "involución"; sin embargo, no parece encajar bien esa definición porque los flujos de sangre son hacia el exterior, no hacia el centro.

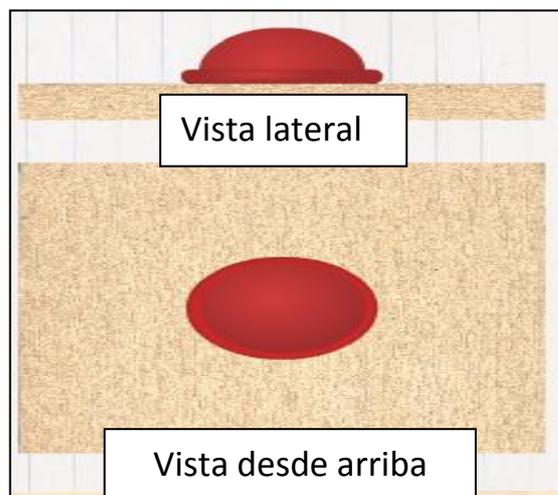


Figura 26. Una gota en la fase de contacto / colapso. (Houck, 2006)

El ángulo de los efectos de impacto de la fase contacto/colapso se definen por la naturaleza del borde y el flujo de sangre. Por ejemplo, en una mancha que impacta a 90° , el flujo de sangre en el margen es igual en todos los lados. Como resultado, se observa una mancha redonda con un diámetro generalmente uniforme.

Para gotas que impactan en los ángulos más agudos, la velocidad adquirida obliga al colapso de la sangre en una salida más direccional. Se considera un impacto a 20° . Aunque el borde todavía es evidente por la periferia entera del límite en la mancha que engrosa, el flujo de sangre principalmente es opuesto al área del borde de la dirección de la cual se originó la gota. Esta salida direccional en combinación con las gotas que rozan el movimiento durante el colapso explica la forma elíptica de la mancha. Las características de la superficie tienen influencia durante la fase contacto / colapso. Las irregularidades de la superficie pueden empezar con una salida irregular de sangre en el colapso; sin embargo, esta salida irregular es más evidente en la fase del desplazamiento.

8.2 Desplazamiento

En esta fase la propia esfera se ha colapsado contra la superficie y la mayor parte de la gota de sangre ha cambiado de sitio al borde de la mancha resultante.

En este punto no hay ninguna ruptura clara de la tensión superficial. La gota, aunque se expuso a los cambios considerables en su forma, todavía es una masa y no se ha roto ni separado. Es visible en el límite del borde del colapso de la gota espinas cortas.

El área central de la mancha retiene algo de sangre y produce una lámina muy evidente de sangre que conecta la estructura entera. No obstante, casi todo el volumen líquido de la gota original está ahora dentro del límite de la estructura. Aunque el desplazamiento es sólo la segunda fase del impacto, es interesante notar que el área que se definió en esta fase también definirá las dimensiones globales. Es importante señalar que el desplazamiento no ocurre en una proporción 1:1. Eso es que una gota de 4 mm de diámetro no crea una de mancha de 4mm. Se tiene que definir todavía la verdadera naturaleza de la proporción de desplazamiento, pero es a menudo tan alto como 270% en gotas más grandes.

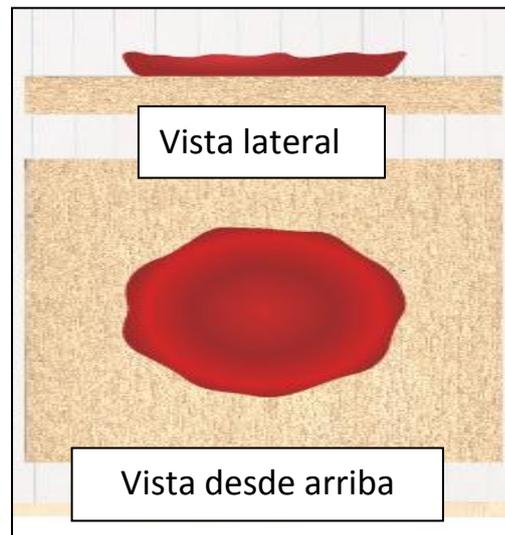


Figura 27. Gota en la fase de desplazamiento (Houck, 2006)

El ángulo de impacto sólo se observa en la fase de desplazamiento en la naturaleza de las espinas. Cómo es evidente en la fase de contacto /colapso, el impacto que resulta en 90° produce un margen simétrico. Así, en desplazamiento, las espinas aparecerán también simétricamente y rodearán el borde entero. En el ángulo agudo la espina, se encuentra en 10 o 20° de impacto, resultando en el lanzamiento clásico de la mancha.

Cualquier giro evidente en el desplazamiento puede producir una salpicadura satélite individual (espina). Por ejemplo, en un impacto de 50° a menudo se observa un efecto de garra de oso en la mancha resultante. Cada garra es el resultado de una sola espina. La textura de la superficie juega un papel importante en la fase de desplazamiento. No es que sobre una superficie áspera se produzcan “estallidos” de la gota, produciendo formas irregulares.

En la gota de sangre, sin embargo, la "piel" creada por la tensión de la superficie es realmente el fluido. No es el estallido; simplemente los cambios de su forma. Como un resultado de estos cambios, en una superficie áspera el flujo de sangre es irregular dentro del borde. El volumen en una parte del borde puede ser grande, y en otro puede ser pequeño. Las espinas tienen una forma que eventualmente puede ser irregular, por esta diferencia en el volumen. Este flujo irregular puede resultar usualmente como un colapso anormal o asimétrico de la estructura completa después de la fase de retracción. En estos resultados los analistas probablemente lo llamarían una mancha deformada o que salpicó excesivamente. Las gotas que caen en la superficie áspera muestran una distorsión distinta. No se puede ignorar el efecto de la superficie en el colapso de la gota porque puede limitar el análisis subsecuente. La velocidad de las gotas juega un papel importante en la fase de desplazamiento.

Si se dejan caer gotas de volumen similar de alturas diferentes, las manchas resultantes exhibirán un tamaño global diferente (diferentes niveles de desplazamiento). Una mancha causada por una gota en caída de 3 pulgadas puede ser más pequeña que la ocasionada a una caída de 3 pies. Esto es debido al aumento en la velocidad de la gota cuando cae.

Sin embargo, en experimentos donde también se han dejado caer gotas de una cierta distancia indican que antes que se alcance la velocidad final de la gota esta no tendrá una extensión lateral evidente en la mancha resultante. Esfuerzos subsecuentes observaron que el volumen de una gota varía grandemente dependiendo de la naturaleza de la superficie así mismo su forma. Desafortunadamente para el analista, las diversas combinaciones en el volumen de la gota y en su velocidad también parten de diversas variables del conocimiento acerca de un uso preciso en el análisis. Un sólo punto puede determinar cual es el incremento en la velocidad final (como en el caso de sangre proyectada por alguna fuerza), no puede causar un gran desplazamiento de la gota.

8.3 Dispersión

La fase de dispersión ofrece el más interesante descubrimiento de las gotas durante el impacto. Esta fase se caracteriza fácilmente por la acción del borde. La sangre es forzada dentro del borde y espinas, que continúa subiendo y en una dirección opuesta a la velocidad original adquirida. Como el volumen del líquido en esta estructura se incrementa se vuelve inestable. Con una fuerza suficiente (inercia) presente, la estructura se rompe separadamente, resultando en la creación de manchas satélite. El ángulo de impacto juega un papel importante en la definición de la fase de dispersión. Las gotas impactan cerca de 80° a 90° , dando como resultado un efecto de apertura. En esta instancia el borde y espinas se levantan de forma ascendente en la periferia completa de la mancha.

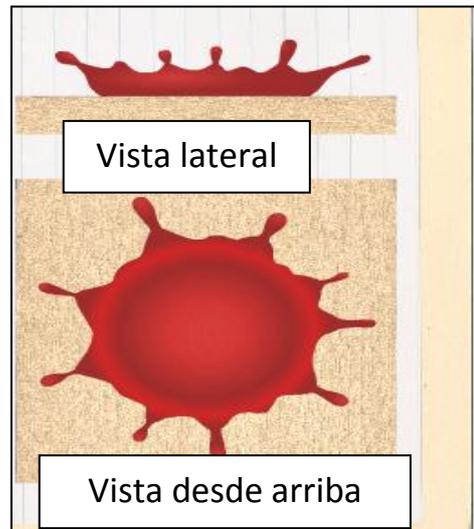


Figura 28. Gota en la fase de dispersión (Houck, 2006)

8.4 Retracción

La fase de retracción es la fase final en el desarrollo de una mancha. Esta aparece como resultado del efecto de la tensión superficial intentando jalar el fluido detrás de una forma única. La fuerza de inercia puede ser causada por el cambio en la masa de la gota, ahora cualquiera se supera por la tensión superficial presente en la espina, resultando en la formación de salpicaduras satélite.

Al inicio de esta fase, aparecen dos fuerzas que procuran oponerse. La inercia de las gotas descubren el final de las espinas lejos de la mancha central; al mismo tiempo, la tensión de la superficie intenta retractar el líquido presente en la espina. Particularmente en ángulos de impacto, la fuerza de la inercia es suficiente para que cada espina pueda ser estirada más allá de la capacidad de la tensión superficial que mantiene el fluido intacto. Dado que son fuerzas opuestas las gotas satélite se pueden separar invariablemente. Es sólo que en este punto que el impacto de la tensión superficial de las gotas es superada (explota), resultando en la creación de manchas satélite. La sangre entonces se retractó a la mancha madre la cual se une y nivela hasta cierto punto por la mancha.

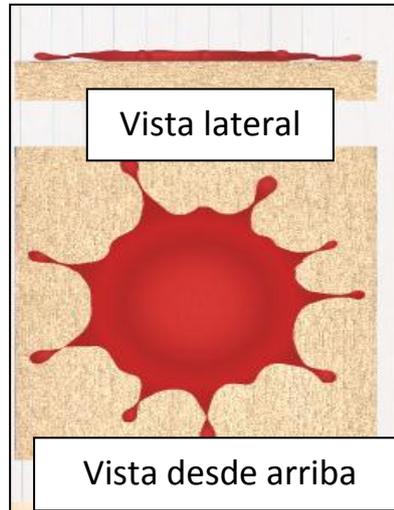


Figura 29. Gota en la fase de retracción (Houck, 2006)

Un margen exterior espeso todavía es evidente, en las dos manchas (húmedas y secas). El ángulo de impacto tiene algunos efectos en la mancha durante la fase de retracción. Por ejemplo, en los impactos de 80 o 90° ninguna parte abierta de la estructura (excluyendo espinas) es responsable para las últimas manchas en longitud o anchura. La estructura de la abertura retraída es evidente en el desplazamiento. En los impactos de ángulos más agudos, la mayoría de la sangre presente en la espina se retrae a la mancha madre, pero en varias ocasiones los remanentes de la espina simplemente caen sobre la superficie.

8.5 Forma de la mancha y relación con el ángulo de impacto.

Es la naturaleza del orden, en combinación con el ángulo y el impacto con el cual ocurre, los resultados tienen las mismas características en la forma para la mancha resultante. La forma específica (por ejemplo. circular o elíptica) depende del ángulo de impacto, teniendo como resultado varias características en la forma de la mancha. Las gotas que impactan en ángulos menos agudos (por ejemplo 80 o 90°) producen manchas circulares, mientras que los impactos con ángulos más agudos crean manchas elípticas.³⁸

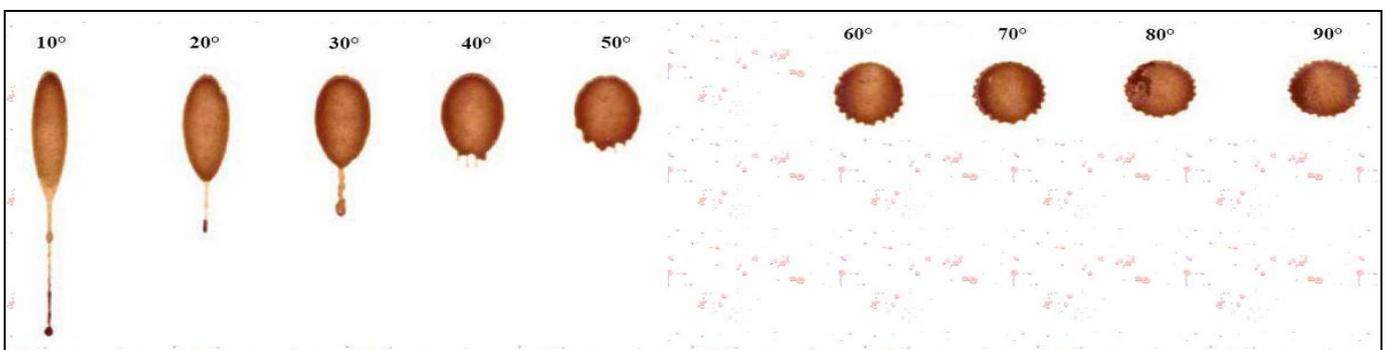


Figura 30. Se muestran las manchas como resultado de los diferentes ángulos de caída. (Prx, 1987)

Una excepción como Pizzola descubrió, es cuando la propia superficie está en movimiento en el momento del colapso de la gota. El movimiento de la superficie crea una proyección de lanzamiento de la acción en sí misma. Como resultado, una gota que impacta sobre una superficie móvil en un ángulo de 90° imita una gota que golpea una superficie inmóvil a un ángulo más agudo (20°). Hasta donde las características físicas van, hay alguna diferencia entre las dos manchas creadas.³⁹

9. IMPACTOS DE BAJA VELOCIDAD Y CONSIDERACIONES ANGULARES DE LAS MANCHAS DE SANGRE

Gotas de sangre en caída libre en superficies horizontales

La sangre puede gotear desde una herida abierta, manchando la ropa, cabello, armas o algún objeto que tenga un volumen suficiente el cual permita la formación de gotas de sangre que caigan libremente. Antes de la caída de la última gota por una fuente primaria, esta baja debido a la gravedad por el peso de la gota que a su vez es contrarrestada por las fuerzas de la tensión superficial que tratan de reducir la fuente de exposición y la gota avanza para regresar a su fuente original. La separación de estas gotas de sangre de la fuente primaria es causada por la fuerza gravitacional superior a las fuerzas cohesivas de la tensión superficial. Una gota de sangre en caída libre es considerada como una forma esférica debido a los efectos de la tensión superficial.

Cuando la gota cae, inicialmente es un poco alargada. Como la gota continua su caída se aplastará ligera y esencialmente asumiendo la forma de una esfera o pelota. No se separa en el aire a menos que actúe una fuerza u otra cosa más que la gravedad. Puede, sin embargo, oscilar debido a los efectos de fricción aérea o a la resistencia. Una gota más larga, tenderá a oscilar más. La humedad del clima es inversamente proporcional a la viscosidad del fluido. La viscosidad de la sangre es aproximadamente seis veces más grande que la del agua, las oscilaciones son rápidamente humedecidas y la forma esférica o de balón son reestablecidas.

El volumen de sólo una gota de sangre en caída libre fue estudiado por MacDonell en 1971, Laber en 1985, y White en 1986. Los experimentos originales condujeron a Mac Donell a medir el volumen promedio de una gota de sangre, el cual es de aproximadamente 0.05mL que corresponde a un estándar ampliamente aceptado de 20 gotas de sangre por mililitro. Laber demostró variaciones en volúmenes de gotas de sangre entre 0.013 y 0.16 mL en diferentes fuentes como la punta de los dedos, hoja de cuchillo, destornillador y ropa. Como se incrementa la tensión superficial, más volumen de sangre (peso) es requerido para que pueda liberarse. Entre mayor sea el área de la superficie de la gota de sangre mayor serán los efectos de la tensión superficial. ⁴⁰

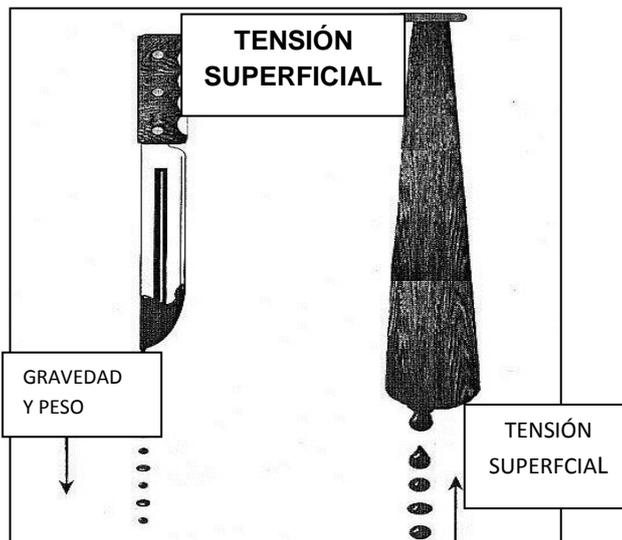


Figura 31. Representación gráfica de forma esférica de gotas que caen de objetos. (Baltahazard, 1999)

En la práctica actual, las gotas de sangre de diferentes volúmenes pueden ser producidas por una variedad de superficies. Diferencias en el volumen de una gota que es liberada de la herida, ropa, dedos, o el pelo se esperaría que fueran debido a las diferencias en el área de la superficie y tensión superficial de la fuente primaria de sangre. La velocidad final de una gota de sangre que cae es la máxima velocidad que la gota puede llegar a tener en el aire. Mac Donell estableció que una gota de sangre que cae de una herida tiene un tamaño de 0.05 mL, la velocidad máxima final es 25.1 pies/segundo o un mínimo de 0.5 pies/segundo. Esto puede ser alcanzado con una caída de aproximadamente 20 a 25 pies aún cuando esta velocidad es alcanzada en aproximadamente a 4 pies.

Las gotas de volumen pequeño, son firmes y pueden alcanzar a lograr una máxima y mínima velocidad final que pueden ser comparadas principalmente cuando las gotas de sangre caen y que alcanzan una velocidad máxima alta. ⁴¹

El diámetro resultante de una mancha es producido por una gota que cae en función de su volumen, la distancia que baja y la textura de la superficie sobre la que es el impacto. Esto es fácil de demostrar experimentalmente en una gota de sangre que cae con un volumen típico de 0.05mL, se producen manchas de sangre de diámetros crecientes cuando se deja que una gota incremente la altura sobre el cartón liso o rugoso.

La superficie sobre la cual una gota de sangre cae, puede afectar la distorsión de la mancha y el grado de salpicadura. Cuando una gota de sangre cae sobre una superficie horizontal producirá una mancha más o menos circular.

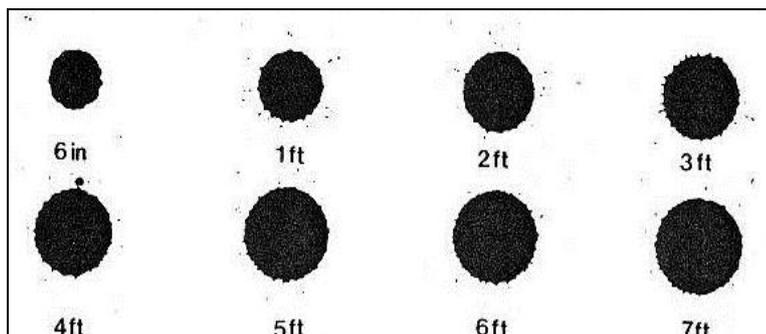


Figura 32. El aumento en el diámetro de manchas de sangre es función de la distancia cada vez mayor de la caída de gotas de sangre de la punta de los dedos sobre cartón liso. (Stuart, 1998)

En impactos sobre superficies lisas o duras, la tensión superficial se resistirá a una ruptura y una mancha redonda uniformemente se producirá independientemente de la distancia de la cual cayó. A la inversa, una textura áspera o superficie porosa superará la tensión superficial de una gota de sangre y causará la ruptura en el impacto. Las manchas de sangre resultantes exhibirán distorsión, forma irregular y bordes espinosos.

Las espinas son los bordes característicos puntiagudos de una mancha de sangre que radia lejos del área central de la mancha. Además de los bordes espinosos, las manchas de sangre pueden exhibir alguna salpicadura periférica.

Es importante entender que el grado de distorsión y salpicadura de una mancha de sangre resulta de una gota que cae en función de la textura de la superficie blanco en lugar de la distancia de caída.

El periódico y pañuelos de papel aunque no se consideran superficies ásperas, a menudo producen manchas de sangre muy irregulares y torcidas. A menos que el volumen de la gota liberada original sea conocido y el efecto de la superficie designada se tenga en cuenta, una precaución extrema debe ejercerse al estimar la altura de la cual la gota de sangre ha caído basada en el diámetro de la mancha.

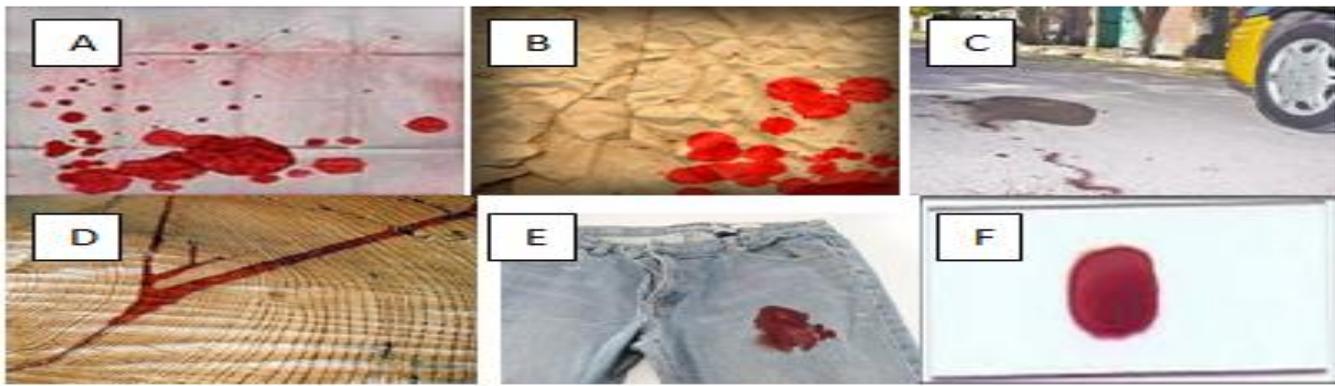


Figura 33. Efectos de las texturas en las superficies de contacto con las características manchas de sangre y el grado de las salpicaduras en: (A) azulejo; (B) cartón; (C) concreto; (D) madera; (E) tela de mezclilla; (F) vidrio. (Stuart, 1998)

Para realizar las estimaciones estas deben basarse en experimentos dirigidos por el investigador que utiliza superficies similares, así como varias fuentes de sangre posible para establecer el rango del volumen de las gotas de sangre. Debe determinarse cómo y de qué fuente se originó la gota. El derramamiento de sangre en una escena del crimen puede producir muchas gotas de diferentes volúmenes que han creado manchas en superficies diferentes. Para estimar la distancia de una gota de sangre que ha caído como sólo una función del diámetro de la mancha resultante puede producir un error total en la interpretación y no puede recomendarse.

Cuando hay múltiples gotas libres de sangre producidas de una fuente estacionaria hacia una superficie horizontal, los modelos de goteo serán el resultado de las gotas de sangre que entran en manchas de sangre húmeda previamente depositadas en un charco pequeño de sangre. Éstos modelos de gotas serán grandes e irregulares con forma pequeña (0.1 a 1.0mm) redonda a las salpicaduras satélite ovales alrededor de la periferia de la mancha central en el horizontal así como las superficies verticales cercanas.⁴²

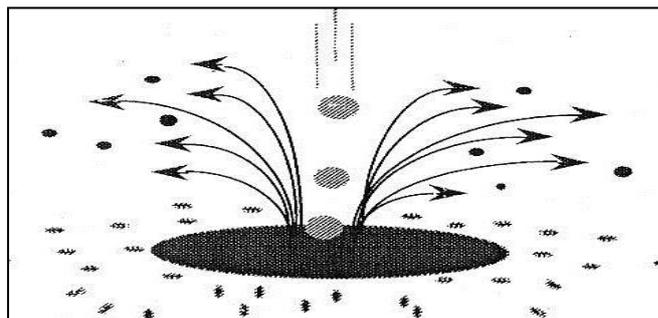


Figura 34. Representación esquemática de la sangre que gotea en sangre y salpicaduras satélite resultantes. (Stephens, 1983)

Paul Kish del Laboratorio de Ciencia Forense en Corning, NY dirige la investigación en el tema de “Salpicaduras satélite como resultado de gotas de sangre y los factores que afectan su interpretación” y presenta sus resultados preliminares en la Reunión Anual de la Academia

Americana de Ciencias Forenses en Febrero de 1996. Él demostró la altura máxima que la salpicadura satélite de sangre humana puede impactar en una superficie vertical.

Factores que afectan esto son el volumen de la gota de sangre, la frescura de la sangre, textura de la superficie, y la distancia de la superficie vertical al sitio de impacto. Él concluyó que las superficies ásperas son producto de la solidificación de la salpicadura de sangre satélite sustancial de un solo impacto de la gota así como el goteo de sangre. Él observó una concentración mayor de salpicadura en las superficies horizontales y verticales con el goteo de sangre en sangre sobre concreto.

Investigadores interpretan a menudo salpicaduras pequeñas de sangre en piernas de los pantalones de sospechosos, calcetines, y zapatos como medio o la salpicadura de sangre de impacto de alta-velocidad asociada con una paliza o un disparo debido a sus diámetros pequeños.⁴³

9.1 Determinación del punto en el área de convergencia

Cuando una fuente de sangre es sujeta a una fuerza de impacto, las gotas de sangre resultantes pueden golpear una superficie en varias direccionalidades de ángulos. El área o punto de convergencia es un punto o área en el cual una mancha de sangre fue proyectada. Este punto es determinado trazando el eje longitudinal de manchas de sangre que es bien definido dentro del modelo a un punto común o de origen. El punto o área de convergencia en una superficie es una representación bidimensional.

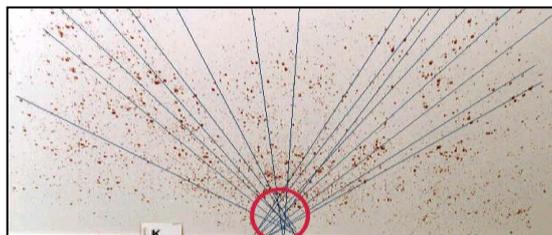


Figura 35. Determinación del área o punto de convergencia en manchas de sangre. (Sodeman, 2000)

Estas intersecciones de líneas definirán la dirección de viaje antes de que cada gota de sangre golpee esa superficie. El punto o área de convergencia puede establecer la escena con el uso de cordones grabada para medir la superficie designada que se extiende a través de un eje largo de manchas de sangre individual. No se debe de grabar por encima de manchas de sangre recientes sólo debajo de ellas. Una representación gráfica del área del punto de convergencia es determinada midiendo la ubicación conocida de las manchas de sangre relativas a puntos como la distancia sobre el suelo y la distancia de la esquina de una pared junto con el ángulo de direccionalidad en la superficie vertical de la pared.

La convergencia después es trazada en un gráfico de papel. Este tipo de punto de referencia es a menudo referido en términos de eje X y de Y, provee la información bidimensional. La determinación de varios puntos de convergencia puede representar múltiples impactos y movimientos de la fuente de sangre. ⁴⁴

10. IMPACTO DE MANCHAS DE SANGRE A MEDIA Y ALTA VELOCIDAD.

Cuando una gran fuerza impacta sobre una fuente expuesta con sangre, la tensión superficial se supera y la sangre se dispersa en muchas gotas pequeñas como resultado de un aumento en la fuerza. La velocidad de la fuerza se refiere al objeto que impactó en el lugar a la velocidad de las gotas de sangre en movimiento que se producen por el impacto. Cuando estas gotas golpean una superficie dada estas producen modelos de manchas de sangre que son discernibles de los modelos producidos por goteo, proyección, salpicadura, y lanzamiento en patrones de manchas de sangre, los cuales son asociados con fuerzas de impactos de baja velocidad.

Las manchas por impacto de media velocidad consisten en manchas producidas en una superficie cuando la fuente de la sangre se ha sujetado a una fuerza de velocidad entre 5 y 25 pies/ segundo aproximadamente. Velocidades de impacto relacionadas con golpes y puñaladas caen dentro de este rango. Esta práctica, acepta que la mayoría de los análisis que distinguen las manchas de sangre de este tipo de categoría de baja velocidad donde la fuerza aplicada a la sangre expuesta es por encima de los cinco pies /segundo.



Figura 36. Impacto de media velocidad. (Vargas, 2008)

Durante años, el área encarecida de velocidad entre 25 a 100 pies / segundo puede no dirigirse a los análisis de sangre. Los látigos y algunas armas de artes marciales también pueden lograr velocidades similares cuando giran. El tamaño de las manchas producidas se encuentra en el rango de 1 o 3 mm de diámetro, aunque manchas pequeñas y más grandes no son comunes.

Las velocidades más altas en una paliza no se acercan a las velocidades de disparo de armas que típicamente producen la salpicadura de sangre de impacto de alta velocidad. Los golpes administrados a una víctima con instrumentos despuntados (puños, palos, martillos, piedra, palo de golf), así como de objetos afilados como cuchillos y hachas, producirá salpicaduras de sangre de velocidad media que pueden diferenciarse de los sucesos de velocidad altos.

Es importante recordar que un sólo golpe normalmente no es suficiente para producir una salpicadura de sangre significativa excepto quizás en el caso de que se trate de una lesión aplastante voluminosa. La fuente de sangre se expone al recibir el impacto para crear una salpicadura.

La direccionalidad, convergencia, ángulo de impacto y origen de esa mancha de sangre son determinados por la localización y geometría de la misma con los patrones producidos. Múltiples golpes en la cabeza con un instrumento despuntado crea típicamente cantidades considerables de salpicaduras de impactos de mediana velocidad. Sin embargo, hay ocasiones donde la cabeza de la víctima se cubre antes con ropa de cama, toallas, u otro de los materiales durante una paliza que disminuirá la cantidad de la salpicadura de sangre producida.

El estudio de la distribución de patrones de manchas de sangre de mediana velocidad y la determinación de la direccionalidad, además del origen individual de las manchas pueden determinar la posición relativa del agresor y la víctima durante el tiempo en que los golpes son dados.

Patrones radiales de manchas producidas por impactos de mediana velocidad son comunes y distribuidos en forma diferente a una rueda. Si la víctima está en el suelo o en otra superficie durante el curso de una paliza, la salpicadura que radia lejos del área de impacto produce modelos en la víctima y en el suelo impactando a un nivel bajo en paredes cercanas u otros objetos dentro del rango que puede observarse. Algunas veces un sector o porción del modelo radial aparecerá libre de sangre. Esta área vacía puede representar la intercepción de la salpicadura de sangre por el agresor. Durante eventos de este tipo los agresores pueden recibir salpicaduras significativas de sangre en zapatos, pantalones, playeras u otras prendas. La cantidad y localización de las manchas depositadas en el agresor depende de la posición relativa de este y la víctima, el ángulo de la fuerza, además del número y localización de golpes. Por ejemplo, si un agresor da golpes sobre la cabeza inclinada de la víctima entonces recibiría la salpicadura de sangre probablemente en las partes más bajas de sus piernas así como en la mano y brazo que manejaron el arma. Un atacante también puede llevar prendas protectoras, o cambiar de vestimenta antes de la aprehensión o no está llevando ninguna prenda durante el ataque a la víctima.

Debe reconocerse que la ausencia de salpicaduras de sangre en la ropa de un sospechoso no necesariamente lo exonera. La importancia del problema en la falta de sangre en un sospechoso fue dirigido eficazmente por Paul Kish y Herbert MacDonell del Laboratorio de Ciencia Forense en Corning, Nueva York. Ellos escribieron una excelente editorial en el periódico de Identificación Forense la cual se tituló, " Ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia" en 1996. El estado de "la ausencia completa de manchas de sangre en la ropa de un acusado, frecuentemente se asume por muchos como una evidencia definitiva de que el acusado no participó directamente en un acto violento". Éste es un concepto sostenido erróneamente y es aprovechado por aquéllos que tienen conocimientos insuficientes y que experimentan en la interpretación de modelos de manchas de sangre o por aquéllos que esperan que semejante opinión ayudaría en la defensa de sus clientes.

Las explicaciones para la falta de manchas de sangre en un individuo que ha participado activamente en un acto violento son innumerables". Los autores han dado importancia a las conclusiones que han sido delineadas basadas en la presencia de manchas de sangre considerando que la ausencia de las mismas en las prendas no debe implicar ni debe exonerar al acusado.⁴⁵

La experiencia ha mostrado que otros objetos llevados por cualquier agresor pueden contener salpicaduras de sangre donde se puede estar tratando de lavar las salpicaduras que pueden no ser evidentes para uno, puede estar en claro que una persona que intenta lavar ropa sangrienta trata de disimular un homicidio. Ejemplos de esto son los calcetines, cinturones, sombreros, lentes, relojes, y otros artículos de joyería. También deben examinarse cuidadosamente las armas como una evidencia de salpicaduras de sangre de velocidad media.

Las salpicaduras de sangre en prendas de vestir deben examinarse completamente sobre todo con respecto en la estimación del ángulo de impacto y tamaño de la mancha. Los tejidos pueden alterar la apariencia y tamaño de las manchas. R.B White ha investigado los modelos de manchas de sangre en tejidos y publicó un artículo en 1986 titulado "El efecto del volumen de la gota, altura de la caída, y ángulo de impacto." La evaluación de modelos de manchas de sangre en prendas de vestir es reforzada vistiendo la ropa en un maniquí para obtener una orientación y direccionalidad apropiada.

Las salpicaduras en prendas de vestir pueden ser disimuladas por la presencia de modelos de otra sangre. También, los tejidos oscuros pueden impedir la estimación de manchas de sangre pequeñas, debido a la falta de contraste. El uso de un estereomicroscopio es útil sobre todo en muchos casos cuando las gotas de sangre pequeñas han penetrado el tejido del material. Los diagramas de ropa y zapatos que indican la situación de las manchas son útiles para los propósitos de la documentación cuando las manchas pequeñas son difíciles de visualizar sin la ayuda de amplificación.

Debe reconocerse que los eventos en los cuales haya golpes pueden producir manchas de velocidad media o alta que se clasifican según el tamaño de la salpicadura de sangre en una escena del crimen. Sucesos violentos, tales como las bofetadas de un lado u otro objeto en una fuente de sangre, el chasquear de los dedos ensangrentados, sangre que gotea sobre un charco de sangre puede producir salpicaduras pequeñas de 1 a 3 mm de diámetro o menos.

El investigador debe estar alerta para la posible presencia de modelos de manchas de sangre que son el resultado de toser y exhalar sangre, en casos donde la víctima ha tenido lesiones en la boca, nariz, cavidades nasales, y pulmones. En estos casos, los patrones de manchas por exhalación o expiración pueden resultar de una simple exhalación de sangre y aire a través de la nariz o boca, estornudos, tos, una herida en el pecho, o la actividad del paramédico como en un evento CPR en la víctima. Los patrones resultantes en las manchas se pueden confundir con manchas de alta o media velocidad asociadas con trauma de fuerzas despuntadas o una lesión por tiro debido a su tamaño pequeño. Estos pueden ser los criterios que pueden ayudar a la identificación de patrones en manchas que pueden ser resultado de la sangre expirada.

Algunas de estas manchas pueden aparecer diluidas o mezcladas con saliva o secreciones nasales. La mezcla de sangre y aire que es exhalada puede producir las burbujas características en las manchas. La ocurrencia de estos eventos puede reconocerse a menudo y puede distinguirse apropiadamente durante un examen cuidadoso de la escena, de las lesiones en la víctima, y ropa.

Si no hay ninguna evidencia de sangre en la nariz, boca, o pasajes de la vía aérea entonces las manchas de sangre no podrían producirse por exhalación o sangre de la expiración. Recíprocamente, cuando hay presencia de sangre en estas áreas el investigador debe alertar la posibilidad de modelos de manchas de expiración. La actividad de las moscas en la escena donde se ha derramado sangre es otra fuente posible de manchas pequeñas de sangre que pueden confundirse con salpicadura de sangre de impactos de media o alta velocidad. Las moscas ingieren sangre y la regurgitan sobre una superficie para permitir que las enzimas descompongan la sangre.

Después de un momento, las moscas vuelven a la superficie de sangre regurgitada y consumen una parte de la sangre. Las superficies en las que esta actividad ha tenido lugar contendrán manchas pequeñas del material de sangre que es a menudo de un milímetro o menos de diámetro sin el punto definido de convergencia u origen. Algunas de las manchas muestran la cúpula de cráteres debido al proceso de succión. Estas manchas pueden observarse sobre todo en techos, así como en la víctima y ropa. Las situaciones pueden ser incoherentes con la salpicadura de sangre asociada con lesiones evidentes en la víctima.⁴⁶

10.1 Patrones de manchas de sangre producidas por impactos de alta velocidad

Se caracterizan por la presencia de salpicaduras de alta velocidad. Un impacto de alta velocidad es considerado por ser aproximadamente de 100 pies / segundo o mayor. Varias de estas gotas de sangre producidas por este tipo de impacto son extremadamente pequeñas y creadas como una neblina. Debido a su baja masa estas gotas viajarán sólo una distancia corta (4 pies) a través del aire.⁴⁷

Las manchas individuales dentro de un modelo de velocidad alto normalmente son 0.1mm o de un diámetro más pequeño en diámetro pero frecuentemente se observa en asociación con manchas más grandes en la velocidad media. Las gotas más grandes viajarán distancias mayores debido a su masa más grande y pueden estar presentes sin las características de niebla como la dispersión de gotas diminutas. Debido a su tamaño relativamente pequeño, debe tenerse cuidado al observar y medir las salpicaduras de sangre de velocidades altas para la direccionalidad y ángulos de impacto. Un microscopio de bolsillo u otro dispositivo es muy útil.⁴⁸

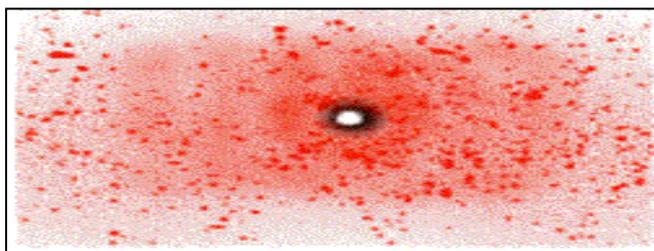


Figura 37. Salpicadura de sangre por impacto de alta velocidad. (Bevel, 2002)

En la escena del crimen, la prueba de salpicadura de sangre de alta velocidad de impacto es frecuentemente asociada a lesiones por arma de fuego, pero se observa también en los casos de explosiones, herramientas eléctricas y lesiones por maquinaria, así como en algunos accidentes automovilísticos. Cuando la víctima ha sufrido lesiones por arma de fuego puede haber evidencia de salpicadura trasera en la herida de entrada y salpicaduras hacia adelante asociadas con la herida de salida, si existiera.

Las salpicaduras traseras resultan de las gotitas de sangre dirigidas hacia la fuente de energía que sería el arma. Pueden ser depositadas sobre la piel, ropa, o cualquier objeto cercano o superficial a la herida de la entrada concerniente a la posición de la víctima a la hora de descarga del arma de fuego. Las salpicaduras traseras pueden también ser depositadas sobre el arma de fuego y la mano, el puño de la camisa, o el brazo expuesto de un agresor que sostiene el arma si se descarga en un rango cercano de contacto. Si hay una fuente expuesta de sangre tal como puede ser el caso con las heridas de bala múltiple, para apuntar distancias de hasta 6 pulgadas puede producir salpicaduras traseras significativas. Un disparo aumentará la cantidad de sangre expuesta produciendo salpicaduras de nuevo, pero la distancia que recorrerá todavía se limitará a un máximo de 4 pies/min de las gotas.⁴⁹

En los casos de posibles lesiones de bala autoinfligida, las manos y brazos de la víctima, además del arma deben ser cuidadosamente examinados para la evidencia de salpicaduras de alta velocidad de la sangre que pueden indicar la posición de las manos sobre el arma en el momento de la descarga del arma de fuego.



Figura 38. Impacto de sangre por alta velocidad, producido por un proyectil. (Rico, 1991)

Las salpicaduras delanteras son producidas por las gotas de sangre que viajan en la misma dirección que la fuente de energía y en los casos por arma de fuego se asocia generalmente a la salida de la herida. Una recepción para esto sería una trayectoria del proyectil en una zona periférica del cuerpo donde una herida de salida verdadera no es aparente.

La demostración de la presencia de salpicaduras delanteras de alta velocidad ayudará en la localización de la víctima en el momento de la descarga del arma. Cuando un proyectil vuelve a entrar en un cuerpo después de pasar por una mano o brazo, es probable que haya salpicaduras delanteras de alta velocidad en la periferia de la herida de reentrada, y su presencia va a ayudar a reconstruir la posición de la víctima en el momento de la descarga de armas.

La cantidad y distribución de las salpicaduras de alta velocidad de sangre, ya sean salpicaduras delanteras o traseras varía considerablemente dependiendo de muchos factores. Por lo general, cuando hay una herida de salida la cantidad de salpicaduras delanteras será superior a la de salpicaduras traseras. La cantidad de salpicaduras de nuevo se ve afectada por el tipo de arma y balas, objetivo a distancia, y de las características anatómicas de la zona de la herida.

En 1983, Stephens y Allen documentaron experimentalmente factores que afectan la cantidad de salpicaduras traseras. Ellos notaron que las salpicaduras traseras pueden estar completamente ausentes en considerable distancia del objetivo. Con respecto a las escopetas y armas de fuego de alta potencia, una mayor cantidad de salpicaduras de alta velocidad de la sangre son de esperarse, especialmente cuando el arma está descargada a corta distancia o de contacto.

La cantidad de salpicaduras traseras y delanteras de alta velocidad de sangre también se reduce por el efecto de bloqueo de cabello y prendas de vestir como sombreros y los tocados usados por la víctima. En 1987, Pex y Vaughan llevaron a cabo experimentos con salpicaduras traseras y aplicaron sus hallazgos a la investigación de casos reales donde se identificaron de nuevo salpicaduras en la manga de los sospechosos. Su trabajo corrobora la obra de Stephens y otros.⁵⁰

11. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al llegar al lugar donde se cometió un acto delictivo se observan las posibles evidencias (principalmente si hay algún cuerpo), y se trata de hacer una reconstrucción de hechos.

Al observar una mancha de sangre en el lugar donde se cometió un hecho delictivo, observando los objetos que se encuentran impregnados de sangre, a la víctima y analizando la fuente que produjo la sangre se podrá determinar la forma en la que fue generada, ayudando a esclarecer varias de las incógnitas que se generan durante la investigación del hecho.

12.OBJETIVOS:

General

- ✓ Estudiar los rastros hemáticos encontrados en el lugar de los hechos, por medio de la Química Forense para poder determinar la forma en que se cometió el ilícito.

Particulares

- ✓ Determinar si las manchas de sangre encontradas en el lugar del ilícito corresponden con los demás indicios encontrados.
- ✓ Determinar si la forma en la que se encuentra una mancha de sangre en el lugar donde se cometió un acto delictivo, indica la forma en la que fue derramada de la víctima.
- ✓ Corroborar lo reportado en la literatura acerca de las manchas de sangre estáticas y dinámicas.

13.HIPÓTESIS

Si se hace el estudio de los rastros hemáticos en el lugar de los hechos apoyados por la Química Forense, entonces se determinará la forma en la que ocurrió el ilícito.

14.MÉTODO

Se realizará la búsqueda en libros, artículos y revistas de ciencias forenses, así mismo en artículos de hematología forense.

14.1 TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio es de carácter informativo, bibliográfico, longitudinal, descriptivo, prospectivo y documental de interés científico.

15. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La Hematología Forense es la aplicación de la morfología, serología y bioquímica de la sangre. Se divide en Reconstructora e Identificadora. La primera es la encargada del estudio del mecanismo de producción, forma, extensión, situación, cantidad, orientación, tamaño, color y aspecto.

Para evaluar las manchas de sangre producidas en una escena del crimen, se debe de contar con el personal capacitado para evitar interpretaciones erróneas en las mismas.

Se debe de fotografiar la escena antes de mover cualquier objeto, así mismo a los probables responsables del acto delictivo, ya que estos pueden presentar salpicaduras en las partes expuestas del cuerpo como manos, cara y cuello. De igual forma revisar las prendas (forros, costuras).

Para la investigación de un acto delictivo se emplean los segmentos de evento, que ayudan a la reconstrucción de los hechos, los segmentos pequeños son más detallados. Se deben de seguir los patrones de las manchas de sangre en la escena, debe tenerse en cuenta que estos no dependen de la edad ni el sexo de la persona que los produjo. Y las condiciones ambientales no tienen efecto ya que las manchas de sangre se exponen por poco tiempo (aunque no en la mayoría de los casos).

Para poder interpretar las manchas de sangre se deben considerar las diversas formas en las cuales se pueden encontrar. Observar la punta de la gota encontrada, ya que en la mayoría de los casos apuntará hacia la dirección en la que iba la persona, aunque este dato no es 100% confiable, ya que la víctima puede mover una extremidad al lado contrario al cual se dirigía. Sobre manchas abundantes, tanto la víctima como el agresor pueden tocar con manos o pies la sangre en el piso y los apoyos sucesivos que tenga, hará que se vea una capa fina de sangre, imprimiendo las crestas papilares de manos y pies, o la suela de los zapatos, sirviendo como evidencia cuando se tiene a un probable responsable.

También deben de observarse la forma de las manchas, ya que su forma regular con bordes nítidos, indica que cayó de un cuerpo estático y a poca altura, una altura mayor se manifiesta en la mancha la cual presentará bordes estrellados. Así como la altura de la cual cayó la gota tiene importancia para el esclarecimiento de los hechos. También lo es el ángulo de impacto, el cual si es recto (la persona estaba en un sitio) es circular pero si el impacto es violento la gotas presentará bordes alargados.

Cuando la primera parte de la gota toca el piso, la parte restante se está moviendo todavía horizontalmente y chapotea sobre la primera parte formando así proyecciones dentadas. La dirección de estas proyecciones indica la dirección en que se movía la persona y cuanto más a prisa haya ido caminando, más largas y más angostas serán las gotas y sus proyecciones; pero se debe advertir que tal aspecto puede depender también de otras circunstancias.

Si, por ejemplo, al cometer un homicidio se levanta un hacha empapada de sangre para dar un segundo hachazo, las gotas de sangre que de ella caigan; tendrán las mismas características que se acaban de describir.

Por consiguiente, es necesario examinar minuciosamente todas las manchas de sangre, porque su posición en relación de las demás puede arrojar alguna luz sobre las circunstancias del crimen.

Al examinar el aspecto de las manchas de sangre, se recomienda hacer una reconstrucción con la ayuda de sangre de buey o de algún otro animal que pueda obtenerse fácilmente. La superficie sobre la cual se encuentre la mancha de sangre es un detalle de importancia, en cuanto puede alterar su forma original. Si el material es terso, mosaico, madera pulida, vidrio, cuero, porcelana, etc, la mancha de sangre conservará su forma original; pero si el material es poroso, por ejemplo, algodón, lana, papel secante, pelo, ladrillo poroso, madera porosa, etc., la forma original se alterará debido a que el material absorberá la sangre.

16. CONCLUSIONES

- ✓ Actualmente se vive una situación de extrema violencia en el país, razón por la cual es de suma importancia contar con el personal suficientemente capacitado para el esclarecimiento de los múltiples actos delictivos.
- ✓ La Hematología Forense es de vital importancia para la identificación de personas, nos proporciona la información necesaria para saber si la sangre encontrada es origen animal o humano.
- ✓ Una rama de la Hematología Forense es la Hematología Forense Reconstructora, encargada del estudio de la morfología de las manchas de sangre encontradas en una escena del crimen, también identificar la forma en la cual fueron producidos (proyección, lanzamiento o desplazamiento).
- ✓ Si las gotas cayeron de una baja o una altura considerable, o si fueron producidas con objetos punzocortantes. Todo esto se puede esclarecer teniendo un estudio minucioso de las manchas de sangre encontradas en la escena del crimen. Establecer si son manchas de media o alta velocidad, proporciona información valiosa para el esclarecimiento del ilícito.
- ✓ Ya que las manchas producidas por un disparo (alta velocidad) no serán parecidas a las relacionadas con golpes y/o puñaladas (media velocidad), así mismo objetos despuntados y afilados producen manchas de velocidad media.
- ✓ Tomando en cuenta las cuestiones antes expuestas, las personas que realmente se encuentran capacitadas en el estudio de las manchas de sangre, facilitarán en mucho una reconstrucción de hechos, para conocer como fue agredida la víctima, con que se agredió y observando el sitio del acto delictivo, con las pruebas encontradas en el mismo, poder encontrar al probable responsable e indagar las causas que lo llevaron a cometer el daño hacia la otra persona.

17. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gutiérrez CA. Manual de ciencias forenses y criminalística. México, 2004: 55
2. Gisbert JA., Villanueva E. Medicina Legal y toxicología. Sexta edición. Barcelona; Editorial Masson; 2004.
3. Nieto CR. Principios universales en Hematología. México: Ed. Chronolab; 2004:10
4. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Guía para la recolección y manejo de vestigios biológicos susceptibles de análisis genético. Edición institucional. Impresión Área de publicaciones, Bogotá, Colombia.1998.
5. West JB. Bases fisiológicas de la práctica médica. Buenos Aires: Ed. Medica Panamericana, 1993:407.
6. Fox SI. Fisiología humana. Madrid: Mc Graw Hill, 2003: 377, 379,380.
7. Hillman SR. Manual de hematología. México: Ed. El Manual moderno, 1998: 3
8. Ulloa AC, Ulloa TJ. Hematología básica. Segunda edición. México: Ed. Masson – Salvat medicina, 1995: 1 – 5.
9. Fernández TJ. Fisiología humana. Madrid: Mc Graw-Hill; 2003: 306.
10. Ruíz AG. Fundamentos de hematología. México: Ed. Panamericana; 2003: 342 – 343.
11. Eckert WG. Introducción a las ciencias forenses. Segunda ed. USA; Ed. CRC Press; 1997: 167, 183 – 187, 189.
12. Sodeman H, O'Connell JJ. Métodos modernos de investigaciones policíacas. México: Ed. Limusa; 2000: 359 – 361.
13. Bevel T, Gardner RH. Análisis en los patrones de manchas de sangre. USA; Ed. CRC Press; 2002: 36 – 133.
14. Romo JL. Manual metodológico para la investigación criminalística de los homicidios de mujeres en Cd. Juárez. México: Publicaciones INACIPE; 2004: 121 – 122.
15. Juhl M. Química e investigación criminal. Barcelona: Reverté; 2008. 15-66 pp.
16. Fisher AJ. Técnicas de investigación en la escena del crimen. USA:Ed. Elsevier; 1985: 169 – 171.

17. Vargas AE. Medicina forense y deontología médica, México: Ed. Trillas, 1991: 95 – 97.
18. Rubén Sandoval: “Ingeniería criminalística”; Instituto Profesional La Aracauna.[Internet].7 de Noviembre del 2010 18:30hr; (1 de Febrero d del 2011 22:16 hr): www.pericia.cl/Doc/g4.pdf
19. Stuart HJ, Nordby JJ. Ciencia forense, una introducción a la investigación científica. Estados Unidos: Ed. Taylor y Francis, 2005: 237,238.
20. Herbert L, Mac Donell HL. Características de vuelo y patrones en manchas de sangre humana. Departamento de justicia, Ley de aplicación y asistencia de administración, Instituto Nacional de Ley y Justicia Criminal, PR 71 – 4, pp. 27 – 28, Noviembre, 1971.
21. Knight J. Medicina forense de Simpson. México: Ed. El Manual moderno, 1994: 61 – 63.
22. Franco AM. Hematología forense. México: Ed. Porrúa, 1995: 115 – 120.
23. Vargas AE. Medicina forense y deontología médica, México: Ed. Trillas, 1991: 95 – 97.
24. García DM. Manchas de sangre. Perú: Ed. Salvat, 2008: 1 – 4.
25. Díaz DM, Bardaji A. Introducción a la enfermería legal y forense. España: Ediciones de Santos; 2005: 272.
26. Franco AM. Hematología forense. México: Ed. Porrúa, 1995: 115 – 120.
27. Hernán SS Medicina legal y psiquiatría forense. Santiago de Chile: Ed. Jurídica de Chile, 1991: 25.
28. Eckert WG. Introducción a las ciencias forenses. Segunda ed. USA; Ed. CRC Press; 1997: 167, 183 – 187, 189.
29. Sodeman H, O’conell JJ. Métodos modernos de investigaciones policíacas. México: Ed. Limusa; 2000: 359 – 361.
30. Gutiérrez C. Manual de ciencias forenses. México: Ed. Trillas; 2004: 56-58.
31. Snyder L. Investigación de homicidios. México; Ed. LimusaWiley; 1987: 70 – 71.
32. Carlos Sosa: “Investigación de manchas y rastros de sangre. Parte 1. En el lugar del hecho”; Principio de identidad. [Internet]. 6 de Diciembre del 2010 22hr; (1 de Febrero del 2011 22:04hr). <http://principiodeidentidad.blogspot.com/2008/02/investigacin-de-manchas-y-costras-de.html>

33. Bevel T, Gardner RH. Análisis en los patrones de manchas de sangre. USA; Ed. CRC Press; 2002: 36 – 133.
34. Mac Donell HL. Interpretación de manchas de sangre, consideraciones físicas, Medicina Legal anual. Ed. Cyril Wecht. Pp 91 – 136, Apteton-Century-Croft, Nueva York, 1971.
35. Mac Donell HL, Bolousz L. Manual de Laboratorio en la interpretación geométrica de manchas de sangre humana como evidencia, Laboratorio de Ciencia Forense, Corning, Nueva York, 1973.
36. Laber, TL. Diámetro de la mancha de sangre en función del origen. Nuevo IABPA, Vol.2, pp 12-16, 1985.
37. Kish PE, Mac Donell HL. Ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia, Revista de Identificación Forense, 46, No.2, pp 160 – 164, Marzo –Abril, 1996.
38. Houck MM, Siegel JA. Fundamentos de ciencias forenses. San Diego California: Ed. Elsevier; 2006: 253 – 259.
39. Pex, JO, Vaughn CH. Observaciones de salpicaduras de alta velocidad en objetos adyacentes, Revista de Ciencias Forenses, Vol.32, No.6, pp. 1587 – 1594, Noviembre 1987.
40. Baltahazard V, et al. Estudios de proyección de sangre. Presentado en el 22° Congreso de Medicina Forense, Paris, Francia. 1999.
41. Lee HC, Gaenslen RE. Estimación del volumen sanguíneo, Nuevo I.A.B.P.A., Vol. 3, No. 2, pp 47 – 54, 1986.
42. Stuart H, William GE. Interpretación de evidencias de manchas de sangre en la escena del crimen. Segunda ed. USA; Ed. CRC Press; 1998: 19 – 122.
43. Stephens BG, Allen TB. Salpicaduras de sangre traseras, observaciones y simulaciones experimentales, Revista de Ciencia Forense, Vol. 28, No.2 ,pp 437 – 439, Abril 1983.
44. Sodeman H, O'conell JJ. Métodos modernos de investigaciones policiacas. México: Ed. Limusa; 2000: 359 – 361.
45. Vargas AE. Medicina legal. México: Ed. Trillas, 2008 : 54 – 56
46. Rojas N. Medicina Legal. 12ª ed. México: El ateneo; 1982. 238-243 pp.
47. Tello FJ. Medicina Forense. México: Ed. Harla, 1991: 10-13.
48. Pizzola, PA. Roth S, Deforest, PR. Gotas dinámicas de sangre –I, Revista de Ciencias Forenses, Vol.31, No. 1, pp. 36 – 49, Enero. 1986.
49. Bevel T, Gardner RH. Análisis en los patrones de manchas de sangre. USA; Ed. CRC Press; 2002: 36 – 133.
50. Rico FG, Anda D. La fotografía forense en la peritación legal. México: Ed. Trillas; 1991: 140