

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE MANCHAS DE SANGRE EN HEMATOLOGÍA FORENSE RECONSTRUCTIVA: ESTUDIO EXPERIMENTAL EN LA UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA

Analysis of blood stain dynamics in forensic reconstructive hematology: an experimental study at the University of Amazonia

JHONATAN PUENTES ARANGO¹

 <https://orcid.org/0009-0005-1010-2515>

 jho.puentes@udla.edu.co

JOHAN ALEXIS MARTÍNEZ ARTUNDUAGA³

 <https://orcid.org/0009-0006-6589-3534>

 johan.martinez@udla.edu.co

ANGIE TATIANA VARGAS BOLAÑOS²

 <https://orcid.org/0009-0000-7075-085X>

 angi.bolanos@udla.edu.co

¹Maestrante en Ciencias Forenses y Criminalística del Tecnológico de Antioquia. Biólogo egresado de la Universidad de la Amazonia. Estudiante del Tecnólogo en Criminalística de la Universidad de la Amazonia

²Estudiante del Tecnólogo en Criminalística de la Universidad de la Amazonia

³Estudiante del Tecnólogo en Criminalística de la Universidad de la Amazonia

RESUMEN

La práctica de Hematología Forense Reconstructiva (HFR) se llevó a cabo en la Universidad de la Amazonia, sede Porvenir. El objetivo principal de la actividad fue analizar el comportamiento de las manchas de sangre bajo diversas condiciones, incluyendo la caída desde diferentes alturas, velocidades, ángulos y en diferentes superficies. Se realizaron ensayos en superficies lisas, rugosas y absorbentes, dejando caer gotas de sangre desde alturas de 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm y 200 cm. Además, se examinaron manchas producidas por objetos contundentes, huellas de calzado, y se realizó un análisis de manchas de retroproyección generadas por disparos. Los resultados mostraron que la superficie influye significativamente en el tamaño y la forma de las manchas de sangre: las superficies rugosas presentaron patrones más dispersos, mientras que las lisas produjeron manchas más definidas. En cuanto a la velocidad y el ángulo de caída, se observaron variaciones en la morfología de las manchas, evidenciando cómo estos factores afectan la dispersión y el tamaño de las gotas. También se analizaron huellas de sangre que indicaron arrastre y retroproyección, fundamentales para la reconstrucción de escenas del

Cómo citar:

Recibido/Received: 25/11/2024 | Aprobado/Approved: 25/04/2025 | Publicado/Published: 30/06/2025

Puentes Arango, J., Vargas Bolaños, A. T. & Martínez Artunduaga, J. A. (2025). Análisis de la dinámica de manchas de sangre en hematología forense reconstructiva: estudio experimental en la universidad de la amazonia. Revista Amazonia al Derecho, Vol. 2(1), 84-108pp.



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY NC ND 4.0).

crimen. Este estudio es esencial para la interpretación forense, ya que proporciona información clave sobre la dinámica de las manchas de sangre y su relación con el entorno, lo que puede ser determinante en investigaciones criminales.

PALABRAS CLAVES

Dinámica de Manchas, Hematología Forense Reconstructiva (HFR), Investigación Criminal, Superficies.

ABSTRACT

The practice of Forensic Reconstructive Hematology (FRH) was carried out at the Universidad de la Amazonia, Porvenir campus. The main objective of the activity was to analyze the behavior of blood stains under various conditions, including falling from different heights, speeds, angles and on different surfaces. Tests were conducted on smooth, rough and absorbent surfaces, dropping blood drops from heights of 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm and 200 cm. In addition, stains produced by blunt objects, shoe prints, and an analysis of back projection stains generated by gunshots were examined. The results showed that the surface significantly influences the size and shape of the bloodstains: rough surfaces presented more dispersed patterns, while smooth surfaces produced more defined stains. As for the speed and angle of fall, variations in stain morphology were observed, evidencing how these factors affect dispersion and droplet size. Blood traces indicating dragging and back projection, fundamental for crime scene reconstruction, were also analyzed. This study is essential for forensic interpretation, as it provides key information on the dynamics of bloodstains and their relationship with the environment, which can be decisive in criminal investigations.

KEYWORD

Stain Dynamics, Forensic Reconstructive Hematology (FRH), Criminal Investigation, Surfaces

INTRODUCCIÓN

Los primeros trabajos reportados sobre el estudio de manchas hematológicas se remontan al año de 1514 en Londres, donde fue utilizado como testimonio en un ensayo público (Bevel, 1983). Pero no solo es hasta 1985 cuando el polaco Edward Piotrowski hace la primera referencia formal con la publicación de su trabajo, en el cual uso conejos para entender como la sangre reacciona a un impacto violento (Margarita & Peña, 2021). La geometría de manchas de sangre fue usada por primera vez en 1939 para determinar el ángulo del impacto y la convergencia, por el médico francés Víctor Baltazar, esto lo presento en amplio trabajo sobre salpicaduras de gotas en el congreso nacional de medicina legal de Francia. Años después en 1951 el doctor Paul Leland Kirk promueve el análisis de manchas de sangre como disciplina científica en norteamérica, pero solo fue usada como herramienta hasta 1956 en los casos de Sam Sheppard (Gaspar, 1998).

Entre los años de 1969 y 1971 Herbert L. Mac Donnell realizó una serie de investigaciones para el gobierno de los estados unidos publicando su obra titulada "Características de las proyección y

patrones de manchas de sangre Humana". Con el trabajo de Mac Donnell se da inicio a un nuevo campo de trabajo en la criminalística y desde entonces ha adquirido tal grado de importancia que hoy existe la Asociación Internacional De Analistas De Patrones De Sangre (IABPA) de sus siglas en inglés (Asociación Internacional de Analisis de Patrones de Manchas de Sangre, 2009). Según (Santos, 2016) define una mancha como toda alteración de color de una superficie, ya sea por residuo o agregación de elementos extraños sobre el cuerpo humano, o sobre un objeto cualquiera, la cual se encuentra identificada por el almacenamiento de una sustancia líquida, blanda o en algunos casos sólida. Su estudio puede establecer relaciones de participación de personas o cosas en un hecho. Las manchas hemáticas sin los indicios más importantes y frecuentes en los delitos violentos. La forma de la mancha varía de acuerdo con la superficie a la que cae y su antigüedad. Cuando son encontradas deben ser tratadas con cuidado para su posterior análisis (Asociación Internacional de Analisis de Patrones de Manchas de Sangre, 2009). En las superficies absorbentes y claras las manchas muestran una pigmentación roja, que con el tiempo tiende a negrecerse más. Si la sangre ha intentado ser lavada con agua, el color varía desde rosado a amarillento, propagando el color a través de la superficie de forma irregular, con lugares más densos que otros. Los patrones de manchas de sangre se definen como el análisis y estudio de sus formas, ubicaciones y distribución, que permiten la interpretación de sucesos que dieron lugar a su origen. Un análisis hecho correctamente sobre los patrones de manchas en el lugar de los hechos puede servir para confirmar o refutar la coartada de un sospechoso o las declaraciones de una víctima. La Las características del área sobre la cual cae el fluido hemático es de crucial importancia para su estudio. Los estudios han demostrado que las superficies irregulares producen menos salpicaduras a diferencia de las lisas, donde la sangre si salpica, claro está que también depende del ángulo de caída, esta situación se presentara en menor medida con la propia salpicadura (Franco, 2012).

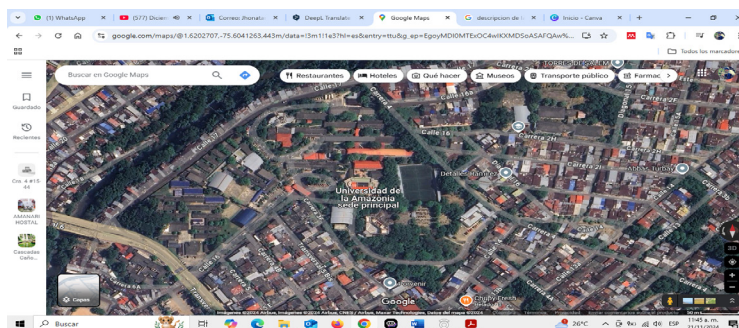
La Sangre es una sustancia con unas características muy particulares, como su textura viscosa, color rojo, su capacidad de coagularse. Circula en todo momento por venas y arterias recorriendo el cuerpo de los vertebrados debido a la acción del corazón. Es una sustancia heterogénea constituida por una fase líquida (el plasma) el cual contiene a las células sanguíneas (la fase sólida). Su principal función es la de transporta sustancias necesarias para el metabolismo celular como el oxígeno, azúcares, vitamina, minerales, grasas, pero también mueve desechos como el monóxido de carbono, ácido úrico, amoníaco entre otras. Realizando una comparación se puede decir que la sangre es más densa que el agua, lo que la hace un tanto más pegajoso. Su temperatura promedio es de 37.5°C, pero varía 1°C por encima en algunas partes del cuerpo como la boca y el ano, tiene un pH entre 7,34 y 7,45 (Abreu & Vilar, 2017).

METODOLOGÍA

Área de estudio

La Universidad de la Amazonia se ubica en la ciudad de Florencia, capital del departamento de Caquetá, en Colombia. Esta institución es conocida por su enfoque en las ciencias sociales, la educación y el desarrollo sostenible, con un fuerte énfasis en la investigación sobre la biodiversidad y las culturas de la región amazónica. El Campus Porvenir cuenta con siete bloques y tres zonas de parqueaderos, siendo uno de estos el área donde se llevó a cabo la práctica.

Figura 1.
Ubicación geografía de la zona de estudio



Métodos

Se aseguró de que el área estuviese limpia y libre de contaminantes, se utilizó el traje de bioseguridad y los equipos de protección personal.

Se dejaron caer gotas de sangre desde alturas de 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm y 200 cm y en cada altura, se registró el diámetro de la gota, la forma de la mancha (redondeada, dispersa, etc.) y otras características relevantes (color, visibilidad).

Se realizaron pruebas adicionales para evaluar el impacto de la velocidad y el ángulo de caída: Velocidad; Se observaron gotas a baja, media y alta velocidad, registrando la forma y dispersión de las manchas. Ángulo; Se dejaron caer gotas en ángulos de 20°, 45°, 70°, 80° y 90°, describiendo cómo el ángulo influye en la forma de la mancha.

Se simuló un escenario de lago hemático, analizando manchas y huellas de arrastre en un área delimitada, para observar cómo la sangre se acumula en diferentes condiciones, se registraron huellas de calzado en la sangre y se analizaron las características de las impresiones. Además, se estudió la retroproyección de las manchas de sangre en relación con disparos, describiendo patrones específicos asociados con la dinámica del impacto.

Análisis de datos

Todos los datos fueron documentados en tablas y fotografías para facilitar el análisis posterior. Se realizó una comparación de los diferentes patrones de manchas en función de las variables estudiadas. Este enfoque metodológico permite una comprensión integral de cómo las manchas de sangre se comportan bajo diversas condiciones, vital para el análisis forense.

RESULTADOS

1. Manchas por goteo en superficie lisa

En los ensayos realizados sobre las diferentes superficies, se observaron variaciones significativas en el tamaño y la morfología de las manchas de sangre. En la superficie lisa, las gotas presentaron un diámetro promedio mayor y mantuvieron una forma más definida, lo que sugiere un menor grado de dispersión. En contraste, en la superficie rugosa, las manchas fueron más irregulares y dispersas, evidenciando un incremento en la fragmentación de las gotas. Por último, en la superficie absorbente, las manchas mostraron un comportamiento intermedio, con diámetros

menores que en la superficie lisa, pero con una forma más consistente que en la rugosa. Estos hallazgos destacan la influencia del tipo de superficie en la dinámica de las manchas de sangre.

Tabla 1.

Altura en cm y diámetro en mm de los goteos en la superficie lisa

Altura (cm)	Diámetro de la gota (mm)
10	15.5
50	18
100	22
150	24
200	26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.

Registro de fotografías y descripción de cada una de las manchas de sangre

Nombre de la Mancha: Mancha por Goteo en Superficie Lisa	
Tipo de Mancha: Manchas Pasivas	
Fotografías	Descripción

Figura 2.

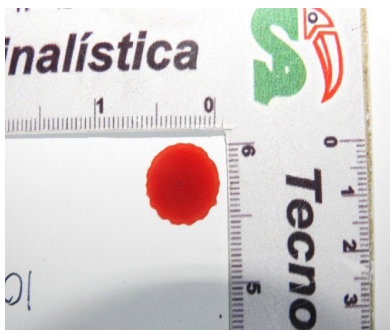
Se observa la gota que se dejó caer a 10 cm de altura con ángulo de caída de 90°



Se observa que la mancha resultante tiene un diámetro de 15.5 m.

Figura 3.

Se observa la gota que se dejó caer a 10 cm de altura con ángulo de caída de 90°



La mancha que resulta del impacto de la sangre en esta superficie muestra un aspecto redondeado, ausencia de manchas satélites y bordes lisos y regulares sin espinas, manteniendo el aspecto propio de las manchas pasivas. La gota, al chocar contra la superficie dura, lisa e impermeable, se expande desde el centro hacia los laterales, sin romper la tensión superficial, y sin generar salpicaduras ni transformar el aspecto típico de la mancha pasiva en las circunstancias estudiadas.

Figura 4.

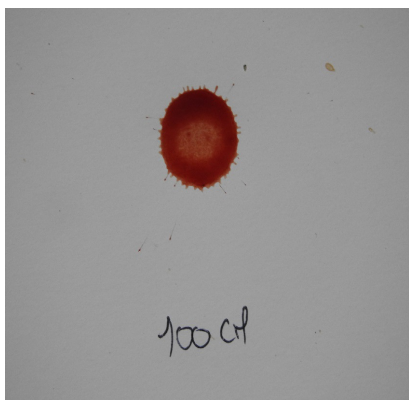
Se observa la gota de sangre que se dejó caer a 50 cm de altura con ángulo de caída de 90°



La gota presenta un diámetro de 18 mm. Presenta una forma redondeada y sus bordes presentan una forma aserrada.

Figura 5.

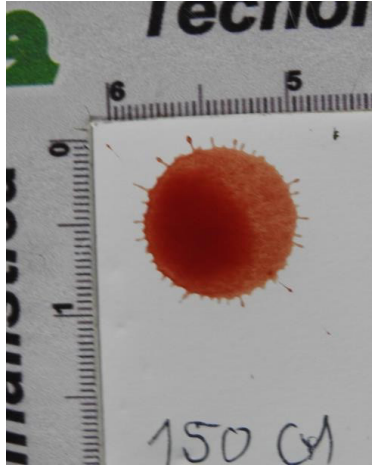
Se observa la gota que se dejó caer a 100 cm de altura con ángulo de caída de 90°



La gota presenta una forma redondeada con un diámetro de 22 mm, sus bordes presentan salpicaduras producto de la desfragmentación de la gota. Se producen satélites

Figura 6.

Se observa la gota que se dejó a caer a 150 cm de altura con un ángulo de caída de 90°



La gota presenta un diámetro de 24 mm, se puede apreciar que la gota a su alrededor presenta satélites producto de la desfragmentación de la misma.

Figura 7.

Se observa la gota que se dejó caer a 200 cm de altura con un ángulo de caída de 90°



La gota presenta diámetro de 26 mm, se puede apreciar que alrededor de la misma hay satélites producto de la desfragmentación de la misma, pero estos presentan una mayor densidad que la figura anterior.

Naturaleza de la Mancha

Las manchas de sangre presentadas en esta práctica exhiben características que reflejan su naturaleza física y dinámica. En general, la forma de las manchas varía según la altura de caída y la superficie sobre la que impactan. Las gotas de sangre tienden a ser redondeadas en superficies lisas, donde se observa una acumulación central con bordes definidos (Hernández M., 2020).

Fuente: *Elaboración propia*

2. Manchas por goteo en superficie rugosa

Tabla 3.

Altura en cm y diámetro en mm de los goteos en la superficie lisa

Altura (cm)	Diámetro de la gota (mm)
10	28
50	23
100	23
150	24
200	26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.

Registro de fotografías y descripción de cada una de las manchas de sangre

Nombre de la Mancha: Mancha por Goteo en Superficie Rugosa	
Tipo de Mancha: Manchas Pasivas	
Fotografías	Descripción

Figura 8.

Se observa la gota que se dejó caer a 10 cm de altura con ángulo de caída de 90°



Se observa que la mancha resultante es de forma irregular, la parte más ancha de la misma tiene una longitud de 28 mm

Figura 9.

Se observa la gota que se dejó caer a 50 cm de altura con ángulo de caída de 90°



La forma de la gota que se dejó caer a 50 cm de altura presenta una forma irregular, se asemeja a un cuadrado, sus bordes tienden a ser biselados

Figura 10.

Se observa la gota de sangre que se dejó caer a 100 cm de altura con ángulo de caída de 90°



La mancha resultante en este soporte muestra un aspecto ciertamente irregular, debido a las cualidades concretas de la superficie en la que se asienta, con un tamaño cercano a los 23 mm y un reborde espinoso. Al tratarse de una superficie rugosa, dura y porosa, la gota, en el momento del impacto contra la superficie, rompe su tensión superficial de forma violenta, expandiéndose desde el centro hacia los extremos. Además, la capacidad de absorción del soporte debido a la porosidad que presenta, permite que la gota quede embebida en su superficie.

Figura 11.

Se observa la gota que se dejó caer a 150 cm de altura con ángulo de caída de 90°



Al tratarse de una superficie rugosa, dura y porosa, la gota, en el momento del impacto contra la superficie, rompe su tensión superficial de forma violenta, expandiéndose desde el centro hacia los extremos. Además, la capacidad de absorción del soporte debido a la porosidad que presenta, permite que la gota quede embebida en su superficie.

Figura 12.

Se observa la gota que se dejó a caer a 200 cm de altura con un ángulo de caída de 90°



Esta gota presenta una longitud de 26 mm, en esta superficie rugosa, áspera con salientes, se produjeron muchas más salpicaduras a raíz del impacto de la mancha primaria contra el soporte, al romperse su tensión superficial bruscamente y de manera abrupta.

Naturaleza de la Mancha

En soportes como el concreto, superficies rugosas y ásperas, desdibujan el aspecto de las manchas pasivas clásicas, aportando características diferenciadoras en cada caso que las diferencian de las gotas descritas en el caso anterior, redondeadas y con bordes lisos (MAHT, 2011).

Fuente: *Elaboración propia.*

3. Manchas por goteo en superficie absorbente

Tabla 5.

Altura en cm y diámetro en mm de los goteos en la superficie absorbente

Altura (cm)	Diámetro de la gota (mm)
10	27
50	28
100	22
150	23
200	23

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 6.

Registro de fotografías y descripción de cada una de las manchas de sangre

Nombre de la Mancha: Mancha por Goteo en Superficie Absorbente	
Tipo de Mancha: Manchas Pasivas	
Fotografías	Descripción

Figura 13.

Se observa la gota que se dejó caer a 10 cm de altura con ángulo de caída de 90°



Se observa una mancha que ha perdido su regularidad de sus bordes, presentándose en forma de estrella. Sus lados más anchos presentan una longitud de 27 mm.

Figura 14.

Se observa la gota que se dejó caer a 50 cm de altura con ángulo de caída de 90°



La composición de los tejidos puede dar lugar a que la mancha se fije de manera irregular o en varias direcciones, mostrando un aspecto totalmente irregular, sin poder apreciarse esa forma esférica característica de las manchas pasivas, pudiendo llevar a una interpretación equivocada del mecanismo causante del patrón si no se cuentan con conocimientos especializados en la materia.

Figura 15.

Se observa la gota de sangre que se dejó caer a 100 cm de altura con ángulo de caída de 90°



Se logra observar una mancha más definida y tomando la forma característica de las manchas pasivas, su forma redondeada.

Figura 16.

Se observa la gota que se dejó caer a 150 cm de altura con ángulo de caída de 90°



Se observa una mancha que ha perdido su regularidad de sus bordes, presentándose en forma de estrella. Sus lados más anchos presentan una longitud de 23 mm.

Figura 17.

Se observa la gota que se dejó a caer a 200 cm de altura con un ángulo de caída de 90°



Se logra observar una mancha más definida y tomando la forma característica de las manchas pasivas, su forma redondeada.

Naturaleza de la Mancha

La capacidad de absorción de este soporte, debido a su elevada porosidad, da lugar a una mancha especialmente desconfigurada, con un tamaño algo superior al del resto de manchas y acompañada de manchas satélites. Esta cualidad, además, consiente que la mancha siga creciendo algunos segundos después de haber impactado sobre ella, expandiéndose desde el punto central hacia los extremos desdibujando su morfología típica (MAHT, 2011)

Fuente: *Elaboración propia.*

4. Manchas por goteo de sangre en movimiento

Tabla 7.

Diámetros, forma y trayectoria de las gotas de sangre en tres velocidades

Velocidad	Diámetro de la gota	Altura	Forma	Trayectoria
Baja	23 mm	140 cm	Redondeada	Discontinua
Media	15 mm X 6 mm	100 cm	Alargada	Continua
Alta	20 mm X 4 mm	70 cm	Alargada	Continua

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 8.

Registro de fotografías y descripción de cada una de las manchas de sangre

Nombre de la Mancha: Mancha por Goteo de Sangre en Movimiento	
Tipo de Mancha: Manchas Activas	
Fotografías	Descripción

Figura 18.

Mancha por gota de sangre en movimiento a velocidad baja que se dejó caer a 140 cm de altura



Al analizar el patrón de la mancha, se puede notar que la gota, al moverse lentamente, se produce un satélite que va adherido a la gota producto del rompimiento de la tensión superficial. La gota tiende a ser redondeada, con un tamaño de 23 mm. Su trayectoria entre gota y gota es discontinua (de Barros et al., 2021).

Figura 19.

Mancha por gota de Sangre en movimiento a velocidad media que se dejó caer a 100 cm de altura



Al impactar la superficie, la gota tiene un diámetro aproximado de 15 mm X 6 mm, con una forma predominantemente alargada, aunque muestra ligeras irregularidades en los bordes.

En el centro de la mancha, la acumulación de sangre es más densa, mientras que hacia los bordes se observa una leve dispersión, sugiriendo que la gota se ha expandido al impactar, pero no ha alcanzado el nivel de fragmentación que se vería en impactos de alta energía (mayor velocidad). Además, se pueden notar pequeñas salpicaduras alrededor de la mancha principal, lo que indica que parte de la sangre fue desplazada durante el impacto, generando un patrón de dispersión moderado (satélites) (Gamba et al., 2017).

Figura 20. Mancha por gotas de sangre en movimiento a velocidad alta que se dejó a caer a 70 cm de altura



Las manchas de sangre generadas por gotas a alta velocidad presentan características distintivas que reflejan la energía del impacto. En este caso, la mancha tiene una longitud promedio de aproximadamente 20 mm X 4 mm, con una forma alargada y continua. muestra una dispersión significativa en todas direcciones. Presenta bordes difusos y salpicaduras evidentes que se extienden alrededor de la mancha principal. Hacia uno de sus lados la acumulación de sangre es más densa que en el centro sugiriendo que la gota se desplazó y se fragmentó, pero aun faltó más energía para quedar completamente dispersa (Boos et al., 2019).

Naturaleza de las Manchas

Las manchas de sangre generadas a baja velocidad tienden a ser más controladas y definidas. En este caso, las gotas suelen mantener una forma más redondeada y un tamaño relativamente uniforme, con un diámetro que puede variar entre 15 y 30 mm. La dispersión es limitada, y los bordes de las manchas son generalmente claros y bien definidos. Este tipo de mancha puede indicar un goteo pasivo de sangre, como el resultado de un movimiento lento o deliberado, como una herida que gotea lentamente. En superficies rugosas, se puede observar un ligero aumento en la irregularidad, pero la falta de salpicaduras significativas sugiere una baja energía en el impacto (Victor Wilson Botteon, 2018).

Las manchas de sangre a media velocidad presentan características intermedias entre las manchas de baja y alta velocidad. Aquí, las gotas pueden tener diámetros de aproximadamente 20 a 40 mm y mostrar una forma más irregular. Al impactar, estas gotas pueden causar una leve dispersión, generando algunas salpicaduras alrededor de la mancha principal. Se pueden observar pequeñas variaciones en el tamaño de las gotas. Este tipo de mancha puede ser indicativa de un movimiento más dinámico, como un golpe o un movimiento rápido, pero no tan intenso como para provocar una dispersión masiva (Silva, 2021).

Las manchas de sangre a alta velocidad son las más dispersas y caóticas. En este caso, las gotas pueden alcanzar diámetros de 40 mm o más, con una dispersión significativa que puede abarcar varios centímetros alrededor de la mancha principal. La forma es irregular y los bordes son difusos, con muchas salpicaduras y satélites que se extienden lejos de la mancha central. Este patrón indica que la sangre fue proyectada con gran energía, lo que sugiere un evento violento, como un ataque contundente o un disparo (MAHT, 2011).

Fuente: Elaboración propia.

5. Manchas por goteo de sangre en diferentes ángulos de caída

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos del experimento de goteo de sangre realizado a diferentes ángulos: 20°, 45°, 70°, 80° y 90°. Cada ángulo de caída se seleccionó para observar cómo afecta la dirección del impacto en la forma, el tamaño y el patrón de dispersión de las manchas de sangre.

El análisis se llevó a cabo en función de variables como el diámetro de las gotas, la acumulación de sangre en diferentes partes de la gota y la morfología de las manchas resultantes. Estos resultados son cruciales para comprender la dinámica de las manchas de sangre en contextos forenses, ya que proporcionan información valiosa sobre el tipo de movimiento y la energía involucrada en la creación de cada mancha. A continuación, se detallan las observaciones específicas para cada ángulo de caída (Hernández M., 2020).

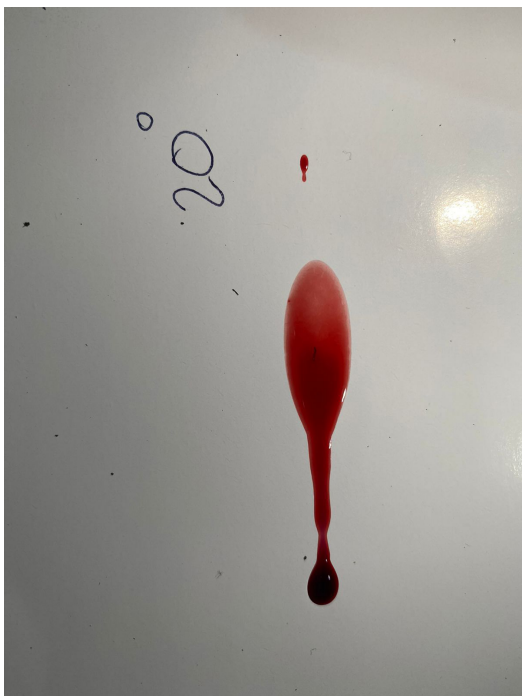
Tabla 9.

Registro de fotografías y descripción de cada una de las manchas de sangre

Nombre de la Mancha: Manchas en diferentes Ángulos de Caída	
Tipo de Mancha: Manchas Activas	
Fotografías	Descripción

Figura 21.

Mancha por gotas de sangre con un ángulo de caída de 20°



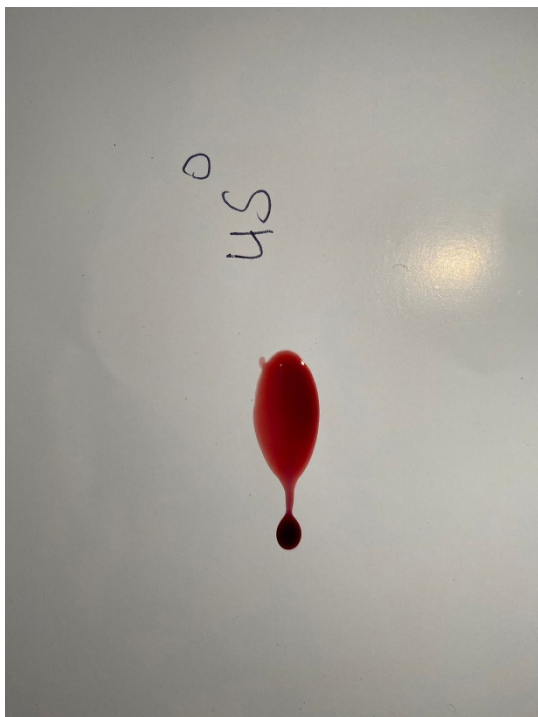
Al dejar caer una gota de sangre desde un ángulo de 20°, se observa que la mancha resultante tiene una forma alargada y ovalada, en lugar de ser completamente redondeada.

El diámetro promedio de la parte más ancha de la gota es de aproximadamente 7 mm mientras que su longitud puede alcanzar hasta 50 mm, lo que indica una notable elongación debido al ángulo de caída.

En la parte inferior de la gota, se aprecia una acumulación de sangre, lo que sugiere que, al impactar, parte del líquido se ha concentrado en esa área, creando una pequeña protuberancia o bulto. Esta característica es indicativa de la dinámica del impacto a baja velocidad, donde la gravedad permite que la sangre se desplace hacia abajo, formando una acumulación en la base.

Figura 22.

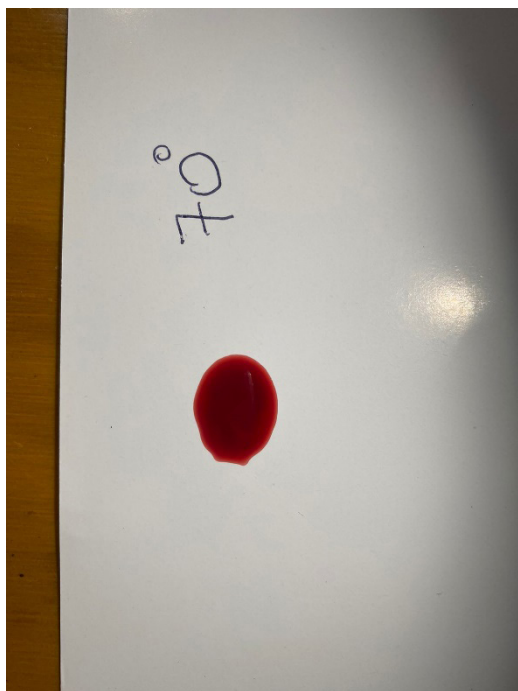
Mancha por gotas de sangre con un ángulo de caída de 45°



Al dejar caer una gota de sangre desde un ángulo de 45°, se observa que la mancha resultante tiene una forma más equilibrada, aunque aún presenta cierta elongación. El diámetro promedio de la parte más ancha de la gota es de aproximadamente 10 mm, mientras que su longitud alcanza alrededor de 34 mm.

En esta posición, parte de la sangre se acumula en la parte inferior de la gota, creando una pequeña protuberancia que indica el impacto, pero también se nota la presencia de sangre en la parte superior. Esto sugiere que, al caer, la gota no solo se desplazó hacia abajo, sino que también se expandió lateralmente, permitiendo que una fracción del líquido se mantuviera en la sección superior.

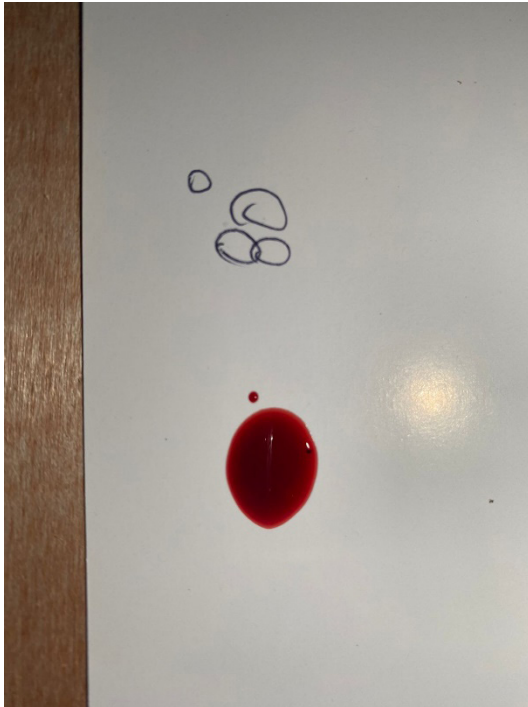
Figura 23. Mancha por gotas de sangre con un ángulo de caída de 70°



Al dejar caer una gota de sangre desde un ángulo de 70°, se observa que la mancha resultante tiene una forma más redondeada y compacta en comparación con los ángulos más bajos. El diámetro promedio de la gota es de aproximadamente 15 mm x 9 mm, con una ligera prominencia en el centro que indica la acumulación de sangre. Los bordes de la gota son suaves y bien definidos, lo que indica que la sangre ha mantenido su integridad a medida que impactaba la superficie.

Figura 24.

Mancha por gotas de sangre con un ángulo de caída de 80°

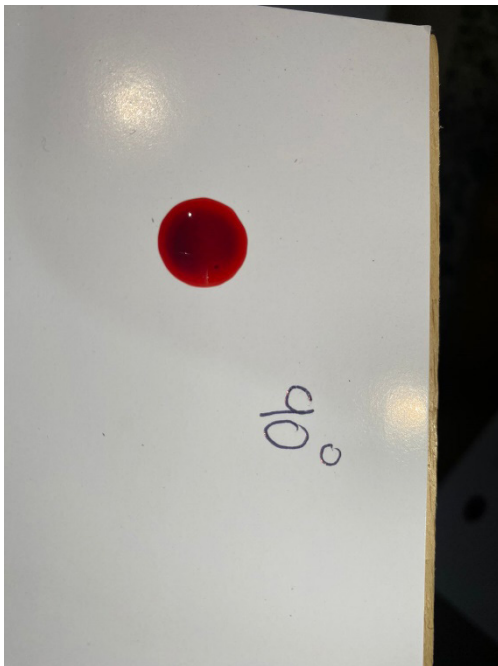


Al dejar caer una gota de sangre desde un ángulo de 80°, se observa que la mancha resultante tiene una forma casi esférica, con una ligera elongación hacia abajo. El diámetro promedio de la gota es de aproximadamente 15 mm X 11 mm, y la mayor parte del líquido se concentra en el centro, lo que sugiere un impacto controlado y directo.

La parte inferior de la gota muestra una leve acumulación, formando una pequeña protuberancia que indica el punto de contacto con la superficie. Los bordes son suaves y bien definidos, lo que refleja que la sangre no se ha dispersado significativamente al impactar, manteniendo su forma más compacta.

Figura 25.

Mancha por gotas de sangre con un ángulo de caída de 90°



Al dejar caer una gota de sangre desde un ángulo de 90°, se observa que la mancha resultante tiene una forma perfectamente redondeada y simétrica. El diámetro promedio de la gota es de aproximadamente 10 mm, con una apariencia compacta que indica un impacto directo y vertical sobre la superficie.

En este caso, la sangre se acumula uniformemente en el centro de la gota, creando una pequeña elevación en la parte inferior donde ocurrió el impacto. Los bordes son nítidos y suaves, reflejando que la gota ha mantenido su integridad y no se ha dispersado significativamente al impactar (MAHT, 2011).

Fuente: Elaboración propia.

6. Lago hemático, manchas producidas por arrastre

En situaciones donde un cuerpo ha sido arrastrado por otra persona, se pueden observar patrones distintivos en las manchas de sangre, formando un lago hemático. Este fenómeno se caracteriza por una dispersión irregular de la sangre, con acumulaciones en áreas donde el cuerpo ha sido arrastrado. Las huellas de arrastre, junto con la dirección y la disposición de las manchas, pueden ayudar a determinar la trayectoria del movimiento y la interacción entre las víctimas y los agresores. Este tipo de evidencia es fundamental para reconstruir los eventos y establecer la narrativa de lo sucedido (Machado, 2018).

Figura 26.

Lago hemático, donde se evidencian huellas de arrastre de un cuerpo arrastrado por otra persona



En contraste con los casos de arrastre por otra persona, cuando una víctima se arrastra por sus propios medios en un lago hemático, las manchas de sangre reflejan un patrón de movimiento más personal e involuntario. En este escenario, las huellas de sangre son más irregulares y pueden mostrar signos de esfuerzo, como marcas de fricción y cambios en la dirección. La sangre tiende a acumularse en áreas específicas, dejando un rastro que puede indicar la dirección de escape o la posición final de la víctima. Estas características son esenciales para entender la situación de la víctima y pueden ofrecer pistas sobre su estado físico y emocional en el momento del suceso (Roncato et al., 2023).

Figura 27.

Lago hemático, donde se evidencian huellas de arrastre de un cuerpo arrastrado por sí mismo



7. Manchas de sangre producidas por huellas de calzado

Las huellas de sangre producidas por calzado presentan un patrón claro y bien definido, lo que indica un contacto reciente y significativo con la superficie sanguinolenta. Estas impresiones muestran detalles específicos de la suela del calzado, incluyendo características como el diseño de la banda de rodadura, el tamaño y la forma del zapato. La sangre en la huella puede estar distribuida de manera uniforme, formando un contorno nítido que permite identificar la dirección del movimiento. La profundidad de la impresión sugiere que se aplicó una presión considerable al caminar o correr, lo que a su vez puede indicar la rapidez del movimiento. La presencia de esta huella bien definida es fundamental para el análisis forense, ya que puede ayudar a vincular a un sospechoso con la escena del crimen y proporcionar información sobre su comportamiento durante el incidente (Moreno Lopera, 2016).

Figura 28.
Manchas de sangre producidas por huellas de calzado



8. Manchas de sangre producidas por huellas de retroproyección

Las huellas de sangre producidas por un disparo, denominadas huellas de retroproyección, presentan características distintivas que indican la dirección y la dinámica del evento. Estas huellas son el resultado de la proyección de gotas de sangre hacia atrás desde el punto de impacto, creando un patrón que puede estar disperso en un área amplia. Las gotas suelen ser de tamaño variable, con algunas más grandes que indican un mayor impacto o fuerza, y otras más pequeñas que se generan por la fragmentación de las gotas al ser proyectadas (Hernández M., 2020).

En las huellas de retroproyección, es común observar un patrón de mancha que puede formar un arco o una dispersión radial desde el punto de origen, sugiriendo la trayectoria del disparo. La sangre puede aparecer en forma de salpicaduras en las paredes, el suelo o los objetos cercanos, y su disposición puede ayudar a determinar la posición del tirador y la víctima en el momento del disparo. Este tipo de evidencia es crucial para la reconstrucción de la escena del crimen y para comprender la dinámica del evento violento.

La mancha de sangre en la pared presenta un patrón irregular y disperso, característico de un impacto por disparo. La sangre ha sido proyectada con fuerza, formando un área central de mayor concentración que se expande hacia los bordes. A una distancia de dos metros, se observan salpicaduras en forma de pequeñas gotas y manchas difusas que se extienden en un radio amplio, lo que indica la dirección y la fuerza del impacto.

Figura 29.

Patrón de mancha de sangre producido por un disparo a dos (2 m) metros de la pared (Simulando que fue en el cráneo de una persona).



La mancha en la pared, ubicada a tan solo 20 cm de distancia del cuerpo, presenta un patrón concentrado y difuso, indicando la proximidad del impacto. La sangre se ha dispersado en un área relativamente mediana, formando un patrón de retroproyección que muestra un incremento en la intensidad del color en el centro de la mancha, donde el impacto fue más directo. Los bordes de la mancha son irregulares y están rodeados de pequeñas salpicaduras, lo que sugiere que la fuerza del disparo generó una proyección significativa de material biológico. La coloración es intensa y puede incluir fragmentos de tejido, lo que indica la gravedad del evento. Esta disposición sugiere que la persona estaba en una posición relativamente estática al momento del disparo, contribuyendo a la formación de un patrón de mancha claro y definido en la pared (Moreno Lopera, 2016).

Figura 30.

Patrón de mancha de sangre producido por un disparo a veinte (20 cm) centímetros de la pared (Simulando que fue en el cráneo de una persona).



Las manchas de retroproyección son un tipo de evidencia crucial en la investigación forense, especialmente en casos de disparos que pueden implicar un suicidio o un homicidio. Cuando una persona dispara un arma de fuego, la fuerza del proyectil puede causar que pequeñas partículas de sangre, tejido y otros materiales se dispersen hacia atrás, creando patrones visibles en la superficie cercana, como paredes o el cuerpo del tirador.

Figura 31.

Patrón de mancha de sangre producido por un disparo



En el caso de un disparo autoinfligido, las manchas de retroproyección pueden aparecer en la mano del tirador y en la superficie detrás de él. Estas manchas suelen ser de un tamaño reducido y pueden estar distribuidas de manera irregular, formando un patrón que sugiere que el disparo se realizó a corta distancia. La presencia de manchas en la mano del tirador puede indicar que él o ella sostuvo el arma en el momento del disparo.

Por otro lado, si las manchas de retroproyección se encuentran predominantemente en la dirección opuesta al tirador, esto puede sugerir que el disparo fue infligido por otra persona. En este caso, el análisis de la ubicación y la dispersión de las manchas, junto con otras pruebas balísticas y de la escena del crimen, puede proporcionar pistas fundamentales sobre la naturaleza del evento, ayudando a determinar si se trató de un suicidio o un homicidio. Este tipo de análisis es vital para reconstruir la secuencia de eventos y establecer la verdad detrás de situaciones potencialmente complejas y trágicas.

Manchas de sangre producidas por objetos contundentes

Las manchas de sangre generadas por objetos contundentes presentan patrones distintivos que pueden revelar información crucial sobre la naturaleza del ataque. Estas manchas suelen ser irregulares y pueden variar en tamaño, desde pequeñas salpicaduras hasta grandes acumulaciones, dependiendo de la fuerza del impacto y el tipo de objeto utilizado.

Figura 32.

Patrón de mancha de sangre producido por un objeto contundente



En general, las manchas de objetos contundentes tienden a mostrar bordes difusos y, en algunos casos, patrones de proyección que indican la dirección del golpe. La presencia de manchas más grandes cerca del punto de impacto puede sugerir un golpe directo, mientras que las salpicaduras dispersas en el área circundante pueden indicar un movimiento de retroceso o rebote del objeto.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A través de una serie de ensayos que incluyeron la caída de gotas desde diferentes alturas, análisis de velocidad y ángulo, así como la observación de lagos hemáticos y huellas de arrastre, se logró obtener una comprensión profunda de cómo estos factores impactan en la morfología y dispersión de las manchas de sangre.

Los resultados de los ensayos de caída de gotas revelaron que la altura de caída influye directamente en el tamaño y la forma de las manchas. A mayores alturas, se observó una mayor dispersión y un aumento en el diámetro de las manchas, lo que sugiere que la energía cinética adquirida al caer afecta notablemente el patrón que se forma al impactar una superficie. Este hallazgo es fundamental, ya que, en una escena del crimen, la altura desde la que se produce la caída de sangre puede ayudar a los investigadores a reconstruir el evento y a entender la dinámica del mismo.

Asimismo, el análisis del efecto de diferentes superficies (lisa, rugosa y absorbente) destacó la importancia del entorno en el comportamiento de las manchas. Las superficies rugosas produjeron patrones más irregulares y dispersos, lo que puede complicar la interpretación forense. En contraste, las superficies lisas generaron manchas más definidas y fáciles de analizar. Este aspecto subraya la necesidad de considerar el tipo de superficie al evaluar la escena del crimen,

ya que puede influir en la forma en que se distribuye la sangre.

Los estudios sobre la velocidad y el ángulo de impacto también brindaron información crucial. Las variaciones en la velocidad de caída mostraron que las gotas a alta velocidad tienden a formar manchas más dispersas, mientras que los ángulos de impacto revelaron cómo la dirección de las gotas afecta su forma. Estos patrones son vitales para la reconstrucción de eventos, ya que pueden indicar el tipo de acción que se realizó en el momento del suceso.

El análisis de lagos hemáticos y huellas de arrastre proporcionó un contexto adicional para entender el movimiento de las víctimas. Las huellas de arrastre pueden ofrecer pistas sobre cómo se movió una persona herida, lo que puede ser determinante para esclarecer las circunstancias de un ataque. La combinación de estas observaciones permite a los investigadores formar una narrativa más completa de los eventos violentos (Boos et al., 2019).

Finalmente, el estudio de las huellas de retroproyección asociadas a disparos añade otra capa de complejidad al análisis forense. Estas huellas ayudan a determinar la posición del tirador y de la víctima, lo que es crucial para diferenciar entre un suicidio y un homicidio. La capacidad de interpretar estas manchas puede tener un impacto significativo en el desarrollo de casos legales (Attinger et al., 2019).

En conjunto, estos procedimientos y sus resultados no solo enriquecen el conocimiento académico sobre la hematología forense, sino que también ofrecen herramientas prácticas para los investigadores en el campo. Este estudio resalta la importancia de un enfoque multidisciplinario en la interpretación de escenas del crimen, donde cada elemento observado puede contribuir a una comprensión más precisa de los eventos ocurridos (Alves & Boaventura, 2021).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A. E. S., & Vilar, O. M. (2017). Influence of composition and degradation on the shear strength of municipal solid waste. *Waste Management*, 68, 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.038>
- Alves, L. Q., & Boaventura, R. C. (2021). A Importância Das Manchas De Sangue Em Local De Crime: Aspectos Periciais. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(8), 187–205. <https://doi.org/10.51891/REASE.V7I8.1880>
- Asociación Internacional de Analisis de Patrones de Manchas de Sangre. (2009). *Página de inicio - Asociación Internacional de Analistas de Patrones de Manchas de Sangre*. <https://www.iabpa.org/>
- Attinger, D., Liu, Y., Faflak, R., Rao, Y., Struttman, B. A., De Brabanter, K., Comiskey, P. M., & Yarin, A. L. (2019). A data set of bloodstain patterns for teaching and research in bloodstain pattern analysis: Gunshot backspatters. *Data in Brief*, 22, 269–278. <https://doi.org/10.1016/J.DIB.2018.11.075>
- Bevel, T. (1983). Geometric Bloodstain Interpretation. In *FBI Bulletin: Vol. May* (pp. 7–10).

- Boos, K., Orr, A., Illes, M., & Stotesbury, T. (2019). Characterizing drip patterns in bloodstain pattern analysis: An investigation of the influence of droplet impact velocity and number of droplets on static pattern features. *Forensic Science International*, 301, 55–66. <https://doi.org/10.1016/J.FORSCIINT.2019.05.002>
- de Barros, F., Kuhnen, B., Serra, M. da C., & Fernandes, C. M. da S. (2021). Forensic sciences: Ethical principles and biases. *Revista Bioetica*, 29(1), 55–65. <https://doi.org/10.1590/1983-80422021291446>
- Gamba, K. R., Da Rosa, G. C., Baldasso, R. P., Vieira, C. S. M., Fernandes, M. M., & Oliveira, R. N. (2017). Avaliação do grau de conhecimento do cirurgião-dentista a respeito das manchas de sangue no contexto forense. *Revista Da Faculdade de Odontologia - UPF*, 21(3). <https://doi.org/10.5335/RFO.V21I3.6421>
- Gaspar, G. (1998). *Detalles de: Nociones de criminalística e investigación criminal / > Biblioteca - Catálogo Público Koha*. https://ulatina.metabiblioteca.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=3239&shelfbrowse_itemnumber=4335
- Hernández M. (2020). Manchas De Sangre Y Sus Soportes. Cambios Morfológicos De Los Patrones. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*, 31–42.
- Machado, M. M. (2018). Perfis de manchas de sangue: do local de crime à elaboração do laudo. *Revista Brasileira de Criminalística*, 7(1), 45. <https://doi.org/10.15260/RBC.V7I1.229>
- MAHT. (2011). *La geometría de una mancha de sangre | El blog de MAHT*. <https://mahtblog.wordpress.com/2011/04/20/la-geometria-de-una-mancha-de-sangre/>
- Margarita, D. R. A., & Peña, A. (2021). *Enfermería forense*.
- Moreno Lopera, M. (2016). *Análisis e interpretación de los patrones de manchas de sangre: experiencia, formación y opiniones de los profesionales implicados en la investigación criminalística*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=128342&info=resumen&idioma=ENG>
- Roncato, P. A., Serra, M. da C., & Fernandes, C. M. da S. (2023). Forensic reconstructive hematology in Brazil. *Research, Society and Development*, 12(1), e12812139612–e12812139612. <https://doi.org/10.33448/RSD-V12I1.39612>
- Silva, C. M. da. (2021). Interferência de vórtice balístico no deslocamento de gotas de sangue / Ballistic vortex interference on blood drop displacement. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 62796–62817. <https://doi.org/10.34117/BJDV7N6-587>
- Victor Wilson Botteon. (2018). Interpretação do Padrão das Manchas de Sangue em um Caso de Homicídio em Local Inidôneo. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics*, 7(3), 162–171. [https://doi.org/10.17063/BJFS7\(3\)Y2018162](https://doi.org/10.17063/BJFS7(3)Y2018162)