

ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE GOTAS DE SANGRE: CORRELACIÓN ENTRE SUPERFICIES Y ÁNGULO DE IMPACTO. UN ESTUDIO EN MANCHAS GENERADAS A 45°

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF BLOOD DROPLETS: CORRELATION BETWEEN SURFACE AREA AND IMPACT ANGLE. A STUDY OF STAINS GENERATED AT 45° ANGLE

Estévez Fernández S.¹

Hernández Moreno M.²

¹Agente de Policía Local. Medina del Campo. Valladolid.

²Doctora Docente e Investigadora. Universidad Internacional Isabel I de Castilla. Burgos. España.

Correspondencia: mahemo94@hotmail.com

Resumen: La forma esférica que se presupone de las manchas de sangre al momento de impactar contra las superficies dista mucho de ser, en ciertas ocasiones, el aspecto final con el que son localizadas en las escenas criminales de las que son protagonistas.

El presente artículo analiza los cambios que estas presentarán como consecuencia de la incidencia a 45° sobre soportes de características diversas, manteniéndose el resto de las variables estables para evitar que interfieran en el proceso.

Para lograrlo se parte de un estudio experimental en el que se seleccionaron ocho superficies sobre las que se lanzaron, de forma controlada gracias a la construcción de una estructura específica para ello, cinco gotas de sangre en cada soporte respaldando así la objetividad del aspecto final fotografiado con fines comparativos.

Los resultados obtenidos demuestran que tanto el ángulo con el que la sangre impacta como las condiciones del soporte sobre el que lo hace, condicionan su morfología. Así, materiales porosos y rugosos como el papel de cocina desdibujarán su aspecto, al contrario de lo que ocurrirá con aquellos lisos y pulidos como el metal. Este estudio, además, permite ampliar la información sobre las variables y ahondar en su capacidad de influencia sobre el aspecto final de la mancha.

Palabras clave: ángulo de impacto; gota; manchas de sangre; superficies.

Abstract: The spherical shape that is presupposed of bloodstains when they impact against surfaces is often far from being the final aspect with which they are located in the criminal scenes that they star.

This article analyzes the changes that those bloodstains will present because of the 45° degree incidence on supports of various characteristics, keeping the rest of the variables stable to prevent them from interfering in the process.

To achieve this, an experimental study was conducted. Five blood drops were systematically launched in a controlled manner onto eight surfaces, thanks to the construction of a specific structure for this purpose. This ensured the objectivity of the final appearance, photographed for comparative purposes.

The results demonstrate that both, the angle at which the blood impacts and the conditions of the surface on which it does, influence its morphology. Thus, porous and rough materials, such as kitchen paper, will blur its appearance, contrary to what happens with smooth and polished materials such as metal. This study also allows us to broaden the information on the variables and delve deeper into their capacity to influence the final appearance of the stain.

Keywords: bloodstains; drop; impact angle; surfaces.

1. INTRODUCCIÓN

El enorme protagonismo de la sangre en las escenas delictivas, especialmente en aquellas en las que se comenten delitos que atentan contra la vida y la integridad física de las víctimas, aporta una dimensión de la relevancia que el propio tejido hemático tiene como vestigio, no solo desde un punto de vista genético, basado en la identificación de su donante, si no también reconstructivo, al centrarse en la reproducción de los hechos acontecidos en función del aspecto de esos depósitos sangrientos.

Y es que, la disposición de la sangre en el escenario en forma de manchas y/o patrones, va a permitir que los investigadores tengan acceso a una serie de datos objetivos que, de otra forma, desde otras disciplinas forenses, no podrían conocerse y quedarían sin tratar, perdiéndose esa información (1).

o

S. Estévez Fernández, M. Hernández Moreno

Desde esta disciplina, el estudio de esos depósitos de sangre en base a su forma, su tamaño, su direccionalidad, la regularidad o no de sus bordes, su color, las características del soporte sobre el que se asiente y las posibles alteraciones o manipulaciones que pudiera sufrir permitirá, permitirán reconstruir los hechos, al acceder a información especialmente relevante del suceso sangriento que ha acontecido que permitirá: concretar las posiciones de víctimas y victimarios; dibujar la línea temporal en la que sucedieron los hechos; contradecir o apoyar testimonios de testigos y acusados; establecer posibles alteraciones del escenario; diferenciar muertes accidentales de violentas, etc. (2,3).

Es decir, el análisis de la sangre dispuesta, tanto en el propio escenario, como sobre la víctima y otros objetos, podrá ayudar a determinar qué ocurrió y quiénes se vieron involucrados, auxiliando en la reconstrucción de los hechos investigados al aportar información científica y rigurosa.

Ahora bien, conviene entender que su enorme valor va acompañado de una complejidad suprema en relación con su correcta interpretación, pues las múltiples variables, tanto internas como externas a las que puede verse sometida la sangre pueden dar lugar a manchas y patrones que adquieran un aspecto más o menos acorde a lo esperado y, por tanto, más o menos fácil de identificar, llegando a complicarse su análisis hasta el punto de errar en su conclusión al no contarse con los conocimientos adecuados o al haberse aplicado las técnicas de estudio de forma errónea.

A fin de cuentas, cada mancha, a pesar de seguir unos parámetros reproducibles, acordes al mecanismo que los genera y con relación a la dinámica de fluidos a la que queda sometida la sangre, podrá presentar peculiaridades propias de cada episodio, en función de diferentes variables que podrán incidir en su aspecto final. De entre ellas, destacan especialmente dos: el ángulo con el que se produzca el impacto y las características del soporte contra el que lo hagan.

En ese sentido, uno de los primeros autores en estudiar la posible relación entre el aspecto de los depósitos de sangre y el tipo de soporte que los acoge fue Hebert Leon MacDonell, considerado el padre de la disciplina moderna por sus valiosos aportes. En su publicación de 1971, titulada "*Flight Characteristics and Stain Patterns of Human Blood*" (Características de vuelo y Patrones de Manchas de Sangre Humana), demostró que la textura de las superficies era responsable en gran medida del aspecto final que presentan las manchas de sangre, distinguiéndose los resultados obtenidos en función de si eran sustratos porosos, duros, ásperos o lisos (1, 4-6).

Años después, en el 2000, en el Manual de Criminalística de Guzmán, se recogían de forma pormenorizada esos posibles cambios al respecto de la forma final de las manchas atendiendo a la incidencia de las características del soporte en la tensión superficial de la gota: en superficies lisas en las que no se produce su ruptura, las máculas no presentan salpicaduras ni variaciones tan significativas de forma. Justo lo contrario ocurría cuando otras, rugosas y con gran textura, recibían la mancha, rompiendo su tensión superficial y desdibujando su aspecto final.

Mismas conclusiones aportaba Torquemada a raíz de su investigación recogida bajo el título "Estudio Morfológico de las manchas de sangre por goteo estático", del año 2005, en la que se afirmaba que la forma final de los depósitos hemáticos vendrá determinada, de forma principal, por el lugar en el que estos impacten (7,8).

De forma más reciente, son varios los estudios que tratan de ampliar este tipo de investigaciones valiéndose tanto de otros materiales como de otros ángulos de impacto, tratando con ello, no solo de corroborar investigaciones anteriores, si no de recoger información nueva y de valor para tratar de evitar errores de interpretación al momento de analizar estas manchas y patrones.

Así, en una investigación publicada en el año 2020 se apostó por recoger hasta doce soportes de características variables con la intención de determinar cuáles de ellas eran más o menos favorables a la hora de recoger las manchas generadas, en este caso a 90°. Este estudio pretendía determinar cuáles de esos soportes distorsionaban o respetaban el aspecto estimado del depósito hemático tras el impacto, atendiendo a su tensión superficial y escogiéndose para ello

textiles, plásticos, maderas, vidrios, metales e incluso cemento, tratando así de abarcar el máximo de opciones típicas de las escenas criminales como fuera posible (9).

Los resultados arrojaron dos ideas de relevancia. Por un lado, que, efectivamente, había cambios en el aspecto de las manchas al incidir en ellas esas variaciones de acabado o porosidad de los elementos, esencialmente. Por otro lado, que debía valorarse la necesidad de atender a otros ángulos de impacto pues, las manchas a 90° formaron máculas que, en ocasiones, quedaron totalmente desdibujadas o se vieron acompañadas de numerosas manchas satélites que, si bien en esta ocasión seguían siendo fácilmente interpretables, podrían causar errores de análisis en otras circunstancias más complejas.

Cuestiones que se han valorado en otras investigaciones, que han introducido en su estudio manchas de sangre cuyos ángulos de impacto se posicionaron en 10° y 30°, sin dejar de lado esa diversidad de materiales que permiten valorar de nuevo el grado de incidencia de ambas variables en el aspecto final que presentan las manchas de sangre y que han permitido abordar resultados claros: el espesor, el grosor y la textura de la propia tela influirán directamente en la formación de la mancha de sangre (10).

Se han valorado igualmente la formación de manchas satélites acompañando a esas gotas pasivas estudiando varios ángulos de impacto para determinar el aumento o descenso de la formación de estos depósitos de acompañamiento en función, tanto del ángulo como del tipo de superficie de impacto elegida en cada caso (11).

Llegados a este punto huelga decir que, si bien estos estudios de referencia cuentan con información muy valiosa, es preciso seguir investigando en ese mismo ámbito para poder aportar información que permita comparar los resultados obtenidos en cada caso y valorar si realmente pueden o no ser extrapolables en situaciones análogas, al no contarse con un número precisamente extenso ni representativo de investigaciones que apuesten, de forma simultánea, por el análisis de ambas variables.

Es por todo ello por lo que surge el presente experimento, que pretende recopilar más resultados tras emplear soportes de características variadas, que generalmente se encuentran presentes en escenarios criminales, con el fin último de facilitar las labores de análisis de las manchas en los escenarios criminales.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Como se ha venido introduciendo en el punto anterior, conviene concretar que la presente investigación parte una hipótesis clara: "El aspecto final que presente una mancha de sangre en el escenario criminal vendrá determinada por el tipo de soporte contra el que impacte y por el ángulo con el que lo haga".

Se acepta, en base a la bibliografía consultada y a los experimentos anteriormente realizados por otros investigadores, que ambas variables tienen efecto sobre la morfología del depósito de sangre, deseando conocerse tanto su grado de afección como los cambios que podrán observarse en cada una de esas máculas, seleccionándose para ello superficies con características diferentes en cuanto a porosidad, rugosidad y dureza, y manteniéndose siempre un ángulo de impacto de 45°.

El objetivo general de la investigación descansa, por tanto, en la necesidad de determinar cómo afectan las características de los soportes en las manchas de sangre generadas a 45°.

Para ello, se contará con una estructura (anexos 1 y 2) que permitirá mantener todas las variables (velocidad, volumen y cantidad, altura y angulación) realizándose cambios de forma exclusiva en el tipo de soporte escogido en cada caso, obteniéndose de esta forma resultados claros.

De este objetivo derivan tres específicos:

- Establecer cuáles son las características de las superficies escogidas que inciden en mayor medida en la distorsión del aspecto final de la mancha de sangre.

-Presentar, en caso de que existan, las principales diferencias en la morfología de las manchas atendiendo a los cambios en el ángulo con el que impactan (90° - 45°).

-Determinar si pueden producirse, por el aspecto final que presenten las manchas generadas, errores en su interpretación.

Al momento de tratar el método escogido y su desarrollo quedarán determinadas las estrategias adoptadas para lograr su cumplimiento de forma objetiva y garante.

1.1. Estudio de las variables: influencia de las superficies y ángulo de impacto

Antes de proseguir, y con el fin de sentar las bases teóricas que permitan comprender la finalidad de este estudio y facilitar la aplicación de las conclusiones a la investigación criminal y al análisis de las manchas y patrones dispuestos en el escenario, conviene tratar una serie de conceptos fundamentales, en estrecha relación con las variables escogidas: superficies y características de las mismas y ángulo de impacto.

1.1. Superficies

Va a entenderse por superficie cualquier área que sea susceptible de recibir o acoger una mancha, en este caso de sangre. En función de sus propias características, cada soporte va a presentar una serie de variaciones tanto en su composición como en su acabado que incidirán, de diferente manera, en la morfología que adopten esas máculas tras el impacto contra ellas.

Por su relevancia, conviene atender, de forma fundamental, a cualidades como la permeabilidad, la elasticidad, la porosidad y la rugosidad propios de cada elemento, al ser responsables de las variaciones del acabado final de cada material o superficie. A continuación, se exponen los aspectos primordiales de cada cualidad (12):

-Permeabilidad: está relacionada con la habilidad de un líquido para fluir por un objetivo.

-Elasticidad: hace referencia a la cantidad de fuerza que debe aplicarse a un área para que resulte en una deformación relativa de su superficie sólida.

-Porosidad: guarda relación con la densidad del material y la disponibilidad espacial para que un líquido fluya.

-Rugosidad: es la representación de posibles desviaciones de la textura frente a una planitud absoluta.

Estas cuatro cualidades, al variar en cada uno de los elementos seleccionados para el desarrollo de este experimento, incidirán en la morfología que adopte cada mancha, al permitir que la sangre fluya en mayor o menor medida, que quede absorbida en una zona concreta, que se desvíe como consecuencia de su textura, etc.

Así, y siguiendo lo recogido en los estudios consultados, en aquellas con un acabado duro, liso y poco o nada poroso, la mancha resultante del impacto de la sangre apenas presentará salpicaduras y mantendrá su redondez (a 90°). Por el contrario, si se trata de superficies rugosas, ásperas o con salientes, esa mancha irá acompañada de más salpicaduras a raíz de la ruptura de su tensión superficial de forma brusca y abrupta tras el impacto. Por su parte, en tejidos absorbentes, podrán darse diferencias en función de su propia naturaleza y composición y de la rugosidad que presente su acabado fundamentalmente, pudiendo observarse acabados estrellados con bordes irregulares, por ejemplo, en papel de cocina, pero también pequeñas y redondeadas por la suavidad del acabado y su integración en el material (Hernández Moreno, 2020; Royo Villanova, 1967).

Variaciones que, si ya de por sí ponen de manifiesto la necesidad de seguir investigando la variable, se presentan como el síntoma principal del verdadero problema: errar en la interpretación y el análisis de las manchas de sangre observadas a consecuencia de esas posibles alteraciones que la variable genere en su aspecto final (11).

Problema que se agrava cuando entra en juego otra variable: el ángulo con el que esa sangre impacte en el soporte en cuestión.

Ángulo de impacto

Se entiende por ángulo de impacto aquel que se forma entre la dirección de caída de la gota de sangre y el plano de la superficie sobre la que choca (3). La forma resultante que adquiera esa mancha de sangre en cuestión dependerá en gran medida de esta variable, recogiéndose alteraciones en su aspecto conforme más agudo sea dicho ángulo. De hecho, se establece que cuanto más se agudiza el ángulo, más elongada se vuelve la mancha, variándose las proporciones de largo y ancho en base a ello (14).

Esta variable guarda además relación con la dirección de las manchas y es crucial para la determinación, atendiendo a ambas consideraciones, ángulo y dirección, del área de origen del patrón, especialmente relevante en el proceso de reconstrucción de los hechos a través del análisis de esos patrones localizados en cada escenario de interés (4). Razón por la cual resultará fundamental lograr una correcta identificación de cada una de las manchas que lo compongan, aceptándose que, además del soporte, tratado anteriormente, el ángulo de impacto podrá igualmente incidir en su aspecto final y, por consiguiente, en su interpretación.

Hasta el momento, y atendiendo a los estudios abordados durante la introducción a la presente investigación, la gran mayoría plantea la investigación de una forma similar, al guardar un imparte punto en común: el ángulo elegido con el que se produce el impacto de la gota de sangre en el soporte se mantiene a 90°, perpendicular a él.

En esos casos, la redondez de las gotas resultantes, con pequeños matices, no evitan su reconocimiento. El problema empieza a agravarse cuando se produce un cambio en el ángulo, y a medida que se va agudizando, siguiendo esa relación ancha largo-mencionada anteriormente.

Por ello, y con la intención de ampliar esos estudios, por un lado, y confirmar o confrontar los datos de aquellos en los que se opta por otras inclinaciones, se apuesta en esta investigación por un ángulo de impacto de 45°, más agudo que el habitual y que, por tanto, dará lugar a variaciones fácilmente observables en el aspecto de las machas generadas al abandonar esa forma circular de los estudios a 90° y presentar, además, direccionalidad.

3. MATERIAL Y MÉTODO

La presente investigación, de tipo experimental, se centra en el estudio práctico de la materia con un enfoque descriptivo-explicativo. Desde una perspectiva cualitativa se recogerán datos e información de relevancia para el correcto desarrollo de esta. Se han tomado como punto de partida, fundamentalmente, los resultados de un estudio antecedente¹, modificando una de sus variables de estudio a fin de conseguir resultados nuevos de utilidad y aplicación práctica al tiempo que se afianzan y refuerzan las teorías existentes y aceptadas por la doctrina, tal y como pudo comprobarse al introducir otras investigaciones de interés.

3.1. Descripción de la muestra

La muestra objeto de estudio está compuesta por un total de ocho manchas de sangre, dispuestas sobre ocho superficies de características antagónicas colocadas para recibir la mácula con una inclinación de 45°.

Es importante destacar que, a pesar de que son ocho las manchas fotografiadas y recogidas en el estudio, se llevaron a cabo un total de cuarenta muestras, cinco por cada soporte, con la intención de recoger resultados probados y extrapolables basados en pruebas de control objetivas.

3.2. Materiales

Fungibles:

-Sangre artificial *Evident Crime Scene Products* 236 ml.

¹ Hernández Moreno, M. (2020). Manchas de sangre y sus soportes. Cambios morfológicos de los patrones. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*; 35.

-Sistema de gotero *CareFusion*.

-Jeringa apirógena Aposan de 10 ml con aguja 21G medidas 0,8x40mm.

-Soportes: tela vaquera, cartón liso, plancha de pladur, tejido de plástico trenzado, folio de papel, plancha de metal, papel absorbente, azulejo.

No fungibles:

-Testigos métricos.

-Estructura para acoger el sistema de goteo y los soportes (Anexos 1 y 2) con una altura de 100 cm y una base con una inclinación de 45° que se mantuvo estático.

Material informático:

-Cámara fotográfica: Nikon D5200.

-Objetivo Yongnuo 50mm de 4,5 apertura focal.

-Trípode marca Hanna.

Soportes elegidos:

Con la intención de lograr resultados garantes y objetivos, se apuesta por la utilización de ocho superficies con características variables en relación con esas cuatro cualidades que se trataron anteriormente: permeabilidad, rugosidad, porosidad y elasticidad. Con ello se logra proceder con el estudio de una muestra diversa que abarque la mayoría de las texturas posibles sobre las que puede ser localizada una mancha de sangre en un escenario criminal.

El orden en el que son presentados ahora se mantiene al momento de recoger los resultados obtenidos más adelante:

1. Tela vaquera: se trata de un tejido permeable, aunque con una capacidad de absorción menos inmediata frente a otros textiles por el tratamiento que recibe la propia tela. En su composición destacan diferentes compuestos de elastano, poliéster y algodón, fundamentalmente, que variarán en su proporción en función de las proporciones elegidas por cada fabricante. Estas variaciones incidirán en su acabado pues, aunque por norma general presentará un acabado rugoso, este podrá ser más o menos marcado en función, tanto del tipo de prenda, como de su composición. En cualquier caso, conviene destacar que su nivel de absorción aumentará al tiempo que lo haga la cantidad de algodón empleada para generar la prenda o el accesorio en cuestión.

2. Cartón liso: este material, aunque permeable, no cuenta con un poder de absorción inmediato. De hecho, hasta que no se concentra suficiente líquido en una zona concreta no empieza a producirse su absorción, pudiendo quedar limitada por las condiciones de acabado que se le otorguen. En este caso, presenta un acabado liso, sin que puedan notarse o destaquen rugosidades y otras texturas y al natural, pues no ha recibido pátinas ni capas de otros materiales. En cuanto a su composición, deriva mayoritariamente de la celulosa, al obtenerse como resultado de la superposición de diferentes capas de papel unas sobre otras, aunque puede generarse mediante la extracción de fibras de celulosa directamente de la madera.

3. Plancha de pladur: se presenta, en este caso, como un soporte con una capacidad de absorción muy limitada y con un acabado prácticamente liso, sin rugosidades ni texturas. Como ocurría con el cartón, será preciso que se mantenga la acumulación del líquido en un mismo punto del soporte para que pueda quedar absorbido por el propio material. Para su fabricación se emplean capas de celulosa y de yeso de forma alterna, logrando así una resistencia mayor que en el material anterior.

4. Tejido de plástico trenzado (bolsa): este material destaca por su impermeabilidad, al no contar con poder alguno de absorción por el tratamiento al que es sometido. En la composición de este tipo de

bolsas de rafia se emplea fundamentalmente propileno, que se funde y estira para lograr fibras largas y delgadas que irán tejiéndose hasta obtener la forma deseada. Presenta un acabado levemente rugoso como consecuencia del entramado de esas fibras durante su fabricación, lo que le confieren cierta textura.

5. Folio de papel: la permeabilidad de este soporte, al igual que ocurría en el caso del cartón, es limitada, pues será necesario una acumulación de líquido suficiente y que se mantenga sobre un mismo punto para que pueda producirse su absorción. En su composición se emplean, fundamentalmente, fibras de celulosa, aunque pueden usarse fibras plásticas y derivados del lino, algodón o cáñamo, a los que se añaden pigmentos y otros aditivos para lograr su cohesión. En este caso, presenta un acabado liso, sin texturas ni rugosidades.

6. Plancha de metal: este material destaca por su impermeabilidad, al no presentar capacidad alguna de absorción como consecuencia del propio material y del tratamiento recibido, y por ser especialmente duro. Está compuesto, fundamentalmente por acero, en aleación con otros metales, que es sometido a un proceso de laminado en caliente que permite su manipulación y la posibilidad de adquirir el grosor deseado. Ese proceso, además, le confiere una resistencia muy elevada. En este caso presenta un acabado liso, sin ningún tipo de textura ni rugosidades.

7. Papel absorbente: la enorme porosidad de este elemento se traduce en un poder de absorción muy elevado e inmediato. Se genera a partir de pulpa de papel que se extrae de cultivos, bien de madera, bien de fibras. Durante el proceso de fabricación puede someterse a procesos de blanqueamiento o puede quedar decorado con diversos dibujos y motivos variados. Se caracteriza por presentar un acabado rugoso muy evidente y por una gran cantidad de textura, visible en su superficie a través de los diversos estampados geométricos que lo conforman con el fin de lograr una absorción mayor.

8. Azulejo: se trata de un elemento con una capacidad de absorción limitada al haberse barnizado, en este caso. Está compuesto por una mezcla de arcillas y sílices lo que le confiere dureza, aunque una resistencia limitada, a los que se les pueden añadir colorantes. El azulejo escogido en esta ocasión presenta un acabado moderadamente rugoso, propio del material y sus condiciones de creación, aunque apenas es evidente.

3.3. *Método*

El método para el desarrollo del experimento ha sido el siguiente:

1. Se construye el artefacto, atendiendo a las medidas y consideraciones anteriormente expuestas (anexos 1 y 2).
2. Tras comprobar que la mariposa que permite su liberación se encuentra cerrada, se procede a llenar el sistema de goteo con sangre, empleando la jeringa.
3. Se coloca el trípode y la cámara, previamente configurada, para que quede lista para la fijación de los resultados.
4. Tras ello, se dispone una de las superficies anteriormente descritas en el soporte dispuesto para su acogida. Una vez se prueba que se encuentra estable, se procede a la apertura de la mariposa, liberando una única gota de sangre² contra el objetivo.
5. Este paso se repite hasta lograr cinco muestras de control que respalden los resultados obtenidos de forma objetiva.

² Una gota de sangre contiene alrededor de 0.055 ml.

6. La última de las manchas es fotografiada con testigo métrico, permitiendo así plasmar la información concreta relativa a su tamaño que facilite su posterior estudio y comparación con el resto de la muestra.

7. Una vez obtenida la fotografía, se retira el soporte y se repite el proceso hasta recogerse resultados válidos con todas las superficies seleccionadas para el correcto desarrollo de la investigación.

4. RESULTADOS

Una vez generadas y fotografiadas todas las manchas en cada una de las superficies seleccionadas, se procede al análisis pormenorizado de cada una de ellas, detallando los aspectos más relevantes de su morfología. En ese sentido se atiende a sus características individuales y a la incidencia que han podido tener en ellas, tanto la superficie contra la que impacta, como el ángulo con el que lo hace.

Se tratará de determinar igualmente cuáles han sido las razones de ese comportamiento concreto, teniendo en cuenta las características propias de la sangre como fluido en adición a las variables anteriormente mencionadas.

A modo de resumen, y para facilitar su comparación, se presenta la siguiente imagen, formada por una unión de todas ellas:

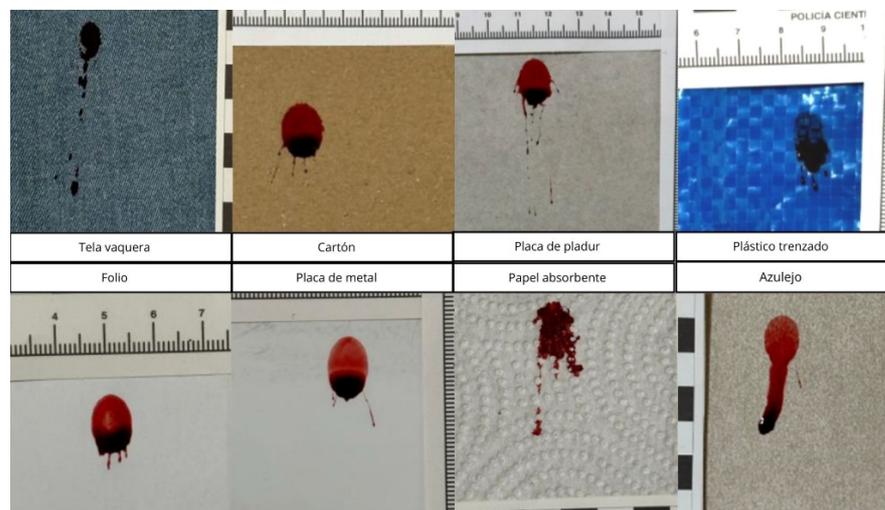


Figura 1

Nota: Resultados obtenidos con las ocho superficies. Elaboración propia

4.1. *Tela vaquera*

En el caso de la mancha obtenida en tela vaquera (figura 2) se observa un primer punto de impacto de la gota, de aproximadamente 1 cm de diámetro, en la parte superior de la superficie como resultado de la absorción de la gran mayoría del tejido hemático al momento del impacto. El resto de la gota, que no queda embebida en el soporte de forma inmediata, se deslizará desde la parte más baja de la mancha principal como consecuencia de la gravedad y la angulación de este, generando manchas de tamaño variable pero más pequeñas que la principal hasta a 8 cm de distancia.

Aunque no se produce la ruptura de la tensión superficial, la rugosidad del tejido impide que pueda darse un escurrimiento de forma suave y regular de la sangre sobre la superficie, evidenciándose esos saltos entre las manchas y esas ligeras variaciones de dirección como consecuencia del entramado de la tela.

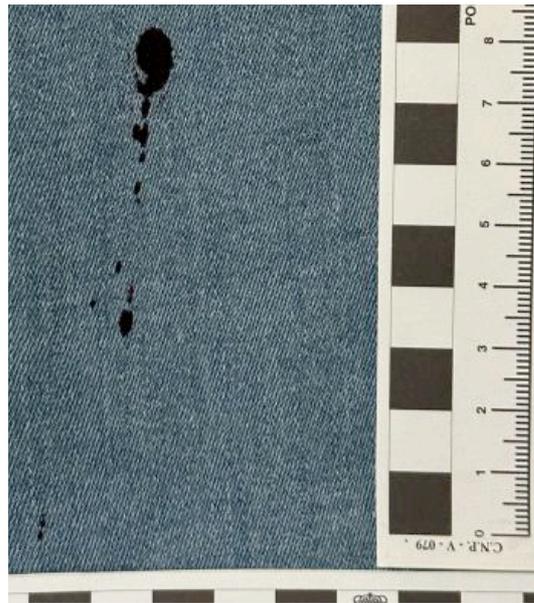


Figura 2

Nota: Mancha de sangre sobre tela vaquera. Elaboración propia

4.2. *Cartón*

La mancha en este soporte (figura 3), con un acabado relativamente absorbente pero muy suave, mantiene una forma ciertamente regular, al no producirse la ruptura de la tensión superficial al momento del impacto.

Se observa un depósito de en torno a 1,5 cm de ancho y 2 cm de alto con una acumulación de sangre en la zona inferior como consecuencia de la gravedad y la disposición de la superficie a 45° y la absorción parcial del propio material. Las pequeñísimas manchas satélites que se observan en la parte inferior de la mancha responden a la sobreacumulación de sangre en la zona inferior del depósito y la fuerza con la que actúa la gravedad al facilitar su resbalamiento fuera de la matriz.

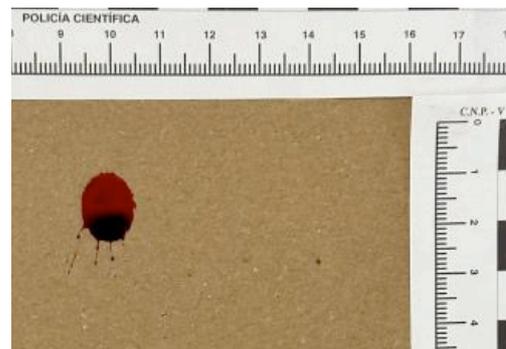


Figura 3

Nota: Mancha de sangre sobre cartón. Elaboración propia

4.3. *Plancha de pladur*

La mácula resultante del impacto en este material (figura 4) presenta una forma ovalada, de 1,5 cm de ancho y 2 cm de alto, y una cantidad nada desdeñable de manchas acompañantes en su zona inferior hasta más de 10 cm de distancia.

El acabado parcialmente liso de esta superficie facilita el deslizamiento de la gota sobre ella. Por su propia dureza, la inclinación y la gravedad, se generan manchas satélites al mantenerse ese movimiento por el soporte tras el impacto.

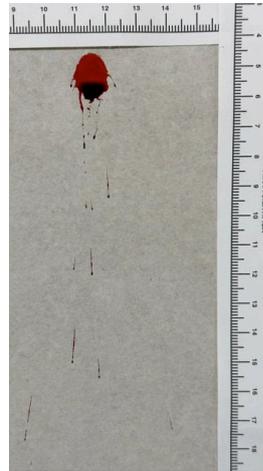


Figura 4

Nota: Mancha sobre plancha de pladur. Elaboración propia

4.4. *Tejido de plástico trenzado*

En este caso, el depósito de sangre (figura 5) muestra una situación irregular en los bordes que lo conforman, adaptándose a las características propias del soporte. Presenta un tamaño de 0.7 cm de ancho por 1,5 cm de largo, con pequeñas manchas satélites muy cercanas a la mancha principal.

Durante su impacto, además, se observa un ligero desplazamiento por el material, aunque menor que en otros casos por las propias condiciones rugosas del entramado que presenta en su acabado y por las ondulaciones que se han generado al disponerlo en la base, que frenan el recorrido de la mancha.

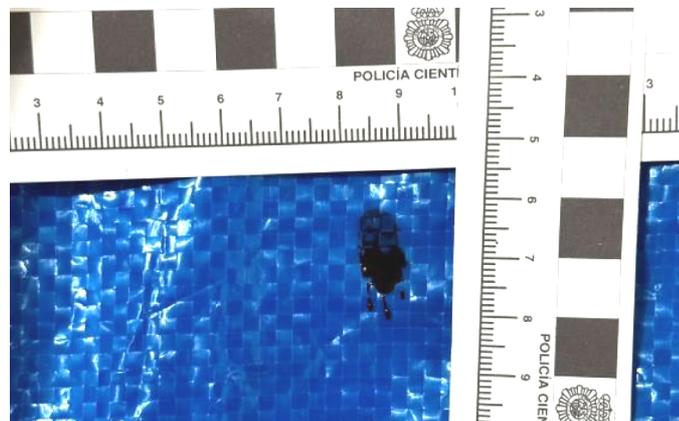


Figura 5

Nota: Mancha sobre tejido de plástico trenzado. Elaboración propia

4.5. *Folio de papel*

En este soporte se recoge una mancha con forma ovalada de 1 centímetro de ancho y 1,5 centímetros de largo.

Presenta, al igual que ocurría en el caso del cartón, regularidad en sus bordes y un deslizamiento en la parte inferior, en la que se observa una acumulación de sangre mayor y pequeñas manchas secundarias que mantienen la direccionalidad.

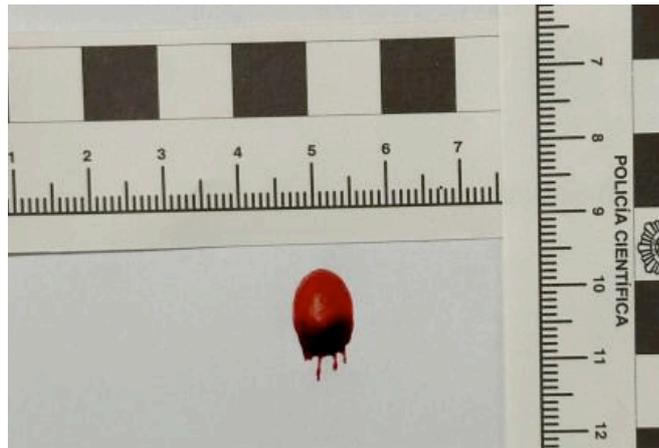


Figura 6

Nota: Mancha sobre folio de papel. Elaboración propia

4.6. *Plancha de metal*

En este soporte la mancha de sangre resultante, regular en sus bordes, presenta un ancho de 1 centímetro y un largo de 1,7 centímetros.

Cuenta con una acumulación mayor en su zona inferior, a consecuencia del deslizamiento por el metal, nada poroso, observándose pequeñas manchas secundarias siguiendo esa dirección inicial y aprovechando las condiciones lisas del soporte.

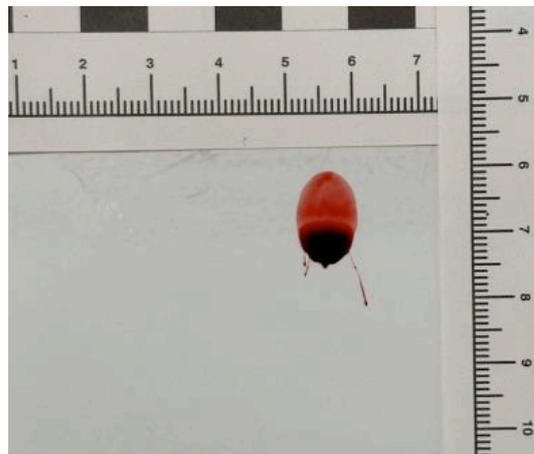


Figura 7

Nota: Mancha sobre plancha de metal. Elaboración propia

4.7. *Papel absorbente*

Esta mácula presenta una superficie totalmente irregular, con una morfología más abstracta. Su ancho mide 1,5 centímetros y su largo 2,5 centímetros. Se observan varias manchas secundarias en su zona inferior hasta casi 4 cm de distancia.

La enorme capacidad de absorción del soporte impide a la gota adquirir el aspecto deseado tras el impacto, complicando su interpretación. Su tamaño, además, puede presentar ligeras variaciones conforme transcurran los minutos inmediatos a su creación, al poder seguir extendiéndose la sangre por el soporte.

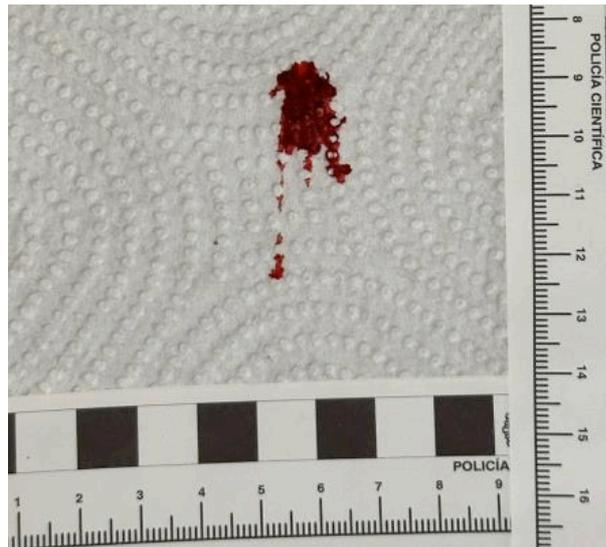


Figura 8

Nota: Mancha sobre papel absorbente. Elaboración propia

4.8. Azulejo

Sobre este soporte se observa una mancha regular en su zona superior, con bordes ordenados y limpios. Las características del material dan lugar al deslizamiento de la sangre, generando un patrón de flujo en dirección descendente.

El tamaño total de la mancha es de 4 centímetros de largo por 1 centímetro de ancho en su zona más prominente. Se observa una diminuta mancha secundaria en uno de sus extremos laterales.

La escasa capacidad del soporte, unido a su acabado liso y pulido, permiten el deslizamiento de la gota por su superficie, acumulándose la mayoría de su contenido en el extremo inferior de la mancha, atraída por la fuerza de la gravedad.



Figura 9

Nota: ancha sobre azulejo. Elaboración propia

5. DISCUSIÓN

Tal y como ha podido observarse en las diferentes fotografías incluidas en el apartado anterior, se producen diferencias visibles en el aspecto de las manchas resultantes como consecuencia de las variaciones en las características de los soportes que las acogen.

Esto responde a los resultados esperados tras consultar diferentes investigaciones: la morfología de cada depósito de sangre va a venir determinada, en gran medida, por la textura o el acabado del propio soporte, y muy especialmente, por sus características de permeabilidad en función del grado de porosidad y absorción particulares en cada caso (1, 5-9).

Así, en soportes lisos y poco o nada absorbentes, como el metal, la gota resultante muestra un aspecto regular, sin variaciones significativas de la forma elongada esperada al producirse el impacto a 45°. En el caso del azulejo puede incluso observarse la facilidad que tiene la sangre de deslizarse por el soporte por las condiciones de su acabado, que facilitan su acogida. Por el contrario, en superficies rugosas, como el papel secante, las propiedades del tejido dan lugar a manchas más irregulares que no muestran siquiera un aspecto definido y se tornan menos obvias que en el caso anterior, complicándose en cierta medida su identificación.

En soportes especialmente porosos, como la tela vaquera y, de nuevo, el papel absorbente, el aspecto final es más complicado de interpretar al producirse la imbibición de la sangre en ellos de forma inmediata y total. Este fenómeno tiene lugar cuando las fibras que componen un material, normalmente textil, transportan el fluido, en este caso la sangre, por su superficie tras el impacto generado, desdibujando su aspecto final al deformarse por completo conforme va trasladándose por la zona en cuestión (15).

Evidentemente no pueden establecerse premisas generales que se adapten de forma absoluta a todos los soportes con características similares, pues podrán incidir en la forma de la mancha resultante otras variables como la cantidad de sangre o la dirección. Por lo que conviene atender a otro punto que debe ser tenido en cuenta al momento de estudiar el aspecto de la mancha y que permite comprender en mayor medida sus posibles cambios morfológicos, especialmente al producirse salpicaduras derivadas de la mancha principal: la tensión superficial.

La posibilidad de que, en función de la superficie, pueda romperse o mantenerse intacta, podrá influir directamente en la forma final de ese depósito de sangre, al ser responsable de la irregularidad, tanto de su forma, como de las salpicaduras asociadas que pudieran aparecer. Así, y como bien indicaban algunos autores como Guzmán (16) y Hernández Moreno (9), en superficies con acabados lisos, como ocurriría en el caso del metal, no se presentan por norma general salpicaduras y se mantiene cierta regularidad en los bordes, al no producirse la ruptura de la tensión que permite que las moléculas que conforman la gota de sangre queden cohesionadas y traten de recuperar su forma esférica original. Por el contrario, en casos en los que la textura del elemento sobre el que se impacten sea especialmente rugosa o abrupta, como ocurre en el caso de la tela vaquera, sí podría producirse la ruptura de esa tensión, dando lugar a manchas más irregulares y con salpicaduras.

En el caso de las máculas generadas a 45°, estos matices son más complicados de distinguir que en los estudios en los que se crearon depósitos de sangre a 90°, pero conviene tener en cuenta la información, tanto referente a la tensión superficial como al impacto de cada tipo de soporte, pues atañe a su aspecto final y podría ser crucial a la hora de evitar errores de interpretación.

Y es que, si tomamos como referencia el estudio de Miles *et al* (11) con máculas a 90°, debemos aceptar que la presencia de esas manchas satélites aumenta a medida que lo hace la aspereza del soporte y que, en aquellos más rugosos, deberá ser más evidente su representación.

Extrapolando esta cuestión a nuestra investigación, si bien podría aceptarse esa premisa en el caso de la tela vaquera, debería quedar descartada en las manchas obtenidas sobre pladur y metal, que, aunque presentan salpicaduras, no lo hacen como consecuencia de la rugosidad del soporte (al ser liso), si no del comportamiento del fluido y sus propiedades, que incidirán, en mayor o menor medida, en la forma que esa gota de sangre se deslice por la superficie, pudiendo dividirse al no absorberse por completo pero seguir una dirección determinada y conformar esas pequeñas gotas que viajan en solitario a pesar de no romperse la tensión superficial durante el impacto.

En definitiva, si bien los resultados obtenidos permiten afirmar algunas conclusiones de ciertas investigaciones previas, debe aceptarse igualmente que, en los casos en los que se producen discrepancias, estas puedan venir determinadas por una serie de variaciones en el desarrollo del experimento y su método y que se resumen, fundamentalmente en:

-Las superficies elegidas: a pesar de que en todos los estudios se opte por una variedad total en sus características, atendiendo a cambios en su porosidad, absorción y rugosidad, la composición del propio material, diferente en cada caso, puede incidir en diferente manera en la forma final de la mancha, variando los resultados obtenidos. Especialmente atendiendo a las condiciones de porosidad y rugosidad que presenten.

-La cantidad de sangre empleada: algunos estudios no recogen de forma concreta con qué se generó esa gota ni cuál era la cantidad que ese útil permite arrojar en cada gota. Al aumentarse la masa de la gota, puede generarse una variación en la forma en la que esta se distribuya por el soporte.

-La altura desde la que la sangre cae: en este caso se detalla de forma pormenorizada (100cm), pero no así en otras ocasiones, pudiendo incidir en el aspecto de las manchas al producirse variaciones según se generen caídas a alturas superiores, que facilitan la ruptura de la tensión superficial al aumentarse la velocidad con la que viaja e impacta.

No deben, por tanto, descartarse los resultados que presenten algún tipo de variación; simplemente han de tomarse con cautela, entendiendo que son múltiples las variables, internas y externas, que inciden en las manchas de sangre y que, por consiguiente, podrán afectar a su aspecto final.

6. CONCLUSIONES

Tomando en consideración los apartados anteriores, especialmente los resultados obtenidos, puede establecerse que las características de los soportes afectan directamente a la morfología que presenta la mancha de sangre que impacta contra ellos. Se ha observado que cuanto más absorbente y poroso sea ese soporte, más irregularidades presentará la mácula y que, por el contrario, cuanto más liso e impermeable sea la superficie de acogida, más regulares serán las manchas y sus bordes. Por lo que se puede determinar que existe una concordancia en el aspecto resultante de las manchas atendiendo al tipo y a las características propias del soporte.

Así, en los soportes donde se presenta mayor grado de absorción y porosidad se recogen manchas con patrones irregulares, que pueden llegar a presentarse de forma totalmente desdibujada. Por el contrario, en el caso de los soportes con superficie lisa y no absorbente, las manchas recogidas presentan una forma ovalada, más larga que ancha, especialmente clara en su parte superior.

De igual manera se puede establecer una relación directa entre el aspecto y la angulación, diferenciándose por completo el tipo de mancha analizada en estudios a 90° del que se observa en esta investigación, especialmente en relación con la creación de manchas satélites, y con su localización. A 45° estas manchas se observan únicamente en la parte inferior del patrón de sangre, como consecuencia de su disposición. En los impactos de la sangre a 90° se dividen alrededor de la mácula principal, distribuyéndose de forma concéntrica.

Además, puede establecerse una unión clara de ambas variables para conformar el aspecto de las manchas de sangre pues, en los soportes impermeables o poco porosos en los que la gota ha impactado con ángulo de 45°, se aprecia una acumulación de fluido en la parte inferior. Sin embargo, en los soportes que se encuentran a 90° la repartición de la gota de sangre se hace de manera uniforme y esférica. Por otro lado, cuando la gota de sangre impacta a 45° se produce un deslizamiento sobre el propio soporte, que puede dar lugar a variaciones en su aspecto y a manchas mucho más alargadas y estrechas, cubriendo más de 10 cm desde el punto inicial del impacto hasta el final, incluso con saltos entre esas manchas. A 90° no existe deslizamiento alguno, observándose, por norma general, un único depósito y mucho más regular.

Con todo ello puede concluirse que:

1. La inclinación del soporte y, por tanto, el ángulo de impacto afecta directamente al aspecto final de las manchas de sangre, produciendo variaciones en su tamaño, y especialmente a la proporción entre largo y ancho.
2. El deslizamiento de la sangre por el soporte se encuentra estrechamente relacionado con la porosidad que presente y, por tanto, con su nivel de absorción y con su acabado, variando en función de la rugosidad de cada material.
3. La ruptura de la tensión superficial será evidente en soportes rugosos, que presenten una textura clara en su acabado, e influirá directamente en la creación de manchas satélites.
4. Se dan variaciones en el aspecto de las manchas que impactan a 45° frente a las que lo hicieron a 90° sobre soportes de características similares, observándose manchas más elongadas y estrechas y depósitos múltiples.

6.1. *Futuras líneas de investigación*

Los resultados obtenidos plantean ciertos interrogantes al respecto de cuáles podrían ser los siguientes pasos o qué tipo de investigaciones futuras podrían plantearse para lograr dar respuesta a algunas de las consideraciones que siguen siendo de interés tras el experimento.

En ese sentido, y atendiendo de forma pormenorizada a las enormes variaciones que se observan en las manchas generadas en superficies textiles, en este y otros estudios, convendría ahondar en el análisis, de forma concreta, de este tipo de soportes, tomando como muestras diferentes superficies textiles con acabados y niveles de absorción diferentes.

Esta elección se basa, en primer lugar, en su protagonismo total en las escenas criminales, al encontrarse presentes cubriendo soportes variadas, formando parte de la vestimenta de víctimas y victimarios, como parte de objetos de decoración o mobiliario etc.

En segundo lugar, el nivel de influencia que generan estas superficies en las manchas resultantes es total, al tratarse de tejidos muy absorbentes y con texturas variadas generadas por la trama de la propia tela elegida, lo que se traduce en depósitos distorsionados, que pueden variar la morfología esperada, dificultando su análisis y la interpretación que debieran realizar de ella los especialistas encargados de su estudio.

En ese sentido, sería de gran relevancia recopilar datos concretos sobre la manera en la que se comporta la sangre una vez es absorbida por diferentes superficies textiles, atendiendo a la forma en la que se produce esa imbibición y en posibles elementos, propios de esos tejidos o relacionados con las propiedades de la sangre como fluido, que pudieran dar lugar a variaciones, logrando así información de utilidad sobre qué esperar en cada caso, evitando errores en esos diagnóstico durante las investigaciones criminales.

Por último, y atendiendo a esos resultados, podrían generarse listados de soportes textiles, en base a su acabado o a los materiales que los compongan, en los que poder concretar qué tipo de distorsión es más probable que suceda en cada caso, auxiliando a los analistas durante su labor.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. James, S. H., Kish, P. E., y Sutton, T. P. Principles of bloodstain pattern analysis: Theory and practice. CRC Press Edition, 2005.
2. Bordbeck, S. Introduction to bloodstain pattern analysis. *SIAC Journal - Journal for Police Science and Practice*; 2012; 2: 51-57. DOI: 10.7396/IE_2012_E
3. Moreno Lopera, M. Análisis e interpretación de los patrones de manchas de sangre: Experiencia, conocimientos, formación y opiniones de los profesionales implicados en la investigación criminalística [tesis Doctoral], Murcia, Universidad de Murcia, 2015.
4. Bevel, T., y Gardner, R. M. Bloodstain pattern analysis, CRC Press, 2002.
5. Bevel, T., y Gardner, R. M. Bloodstain pattern analysis whit an introduction to crime scene reconstruction, CRC Press, 2008.
6. Stuart, H. J., y William, G. E. Interpretation of bloodstain evidence at crime scenes, CRC Press, 1999.
7. Torquemada O. Ignacio A. M. *Estudio Morfológico de Manchas de Sangre por Goteo Estático* [tesina de Grado], Universidad del Aconcagua, 2005.
8. Torres, E. Análisis Cromático y Morfológico de las manchas de sangre. Estudio de las variaciones cromáticas y morfológicas que experimentan las manchas de sangre a través del tiempo en distintas superficies [tesina de Grado], Universidad del Aconcagua, 2012.
9. Hernández Moreno, M. Manchas de sangre y sus soportes. Cambios morfológicos de los patrones. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*, 2020; 35:31-42.
10. Drazdik, D.J., Hammond, D.M., Worst, T.J y Oechsle C.M. Determination of angle of impact and directionality of drip stains on various fabrics. *Forensic Science International*, 2024;361:1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112096>
11. Miles, H.F., Morgan, R.M y Millington, J.E. The influence of fabric surface characteristics on satellite bloodstain morphology. *Science & Justice*, 2014;54(4):262-266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2014.04.002>
12. Attinger, D., Moore, C., Donaldson, A., Jafari, A., y Stone, H. A. "Fluid dynamics topics in bloodstain pattern analysis: Comparative review and research opportunities", *Forensic Science International*, 2013;231(1): 375-396 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.04.018>
13. Royo Villanova, R. La sangre en el lugar del suceso, *Anuario de derecho penal y ciencias penales*, 1967;20.
14. Wonder, A. Y. Blood dynamics. 6th. Ed. Academic Press, 2001.
15. Agrawal, P., Barnet, L. y Attinger, D. Bloodstains on woven fabric: Simulations and experiments for quantifying the uncertainty on the impact and directional angles. *Forensic Science International*, 2017; 278: 240-252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.07.008>
16. Guzmán C.A. Manual de Criminalística. La Rocca, 2010.

ANEXO 1

Imagen de la estructura fabricada para albergar el sistema de goteo y los soportes a 45°, lográndose así mantener el resto de las variables sin cambios:

**ANEXO 2**

Imagen de detalle de la distancia entre la zona de acogida de la gota y la salida de esta: 100cm.

