

Variación morfológica de manchas sanguíneas en diferentes soportes y alturas

Morphological variation of blood stains in different supports and heights

* Fernando Cabrera-Larreatigue | Policía Nacional del Perú | Perú.

* Laura Isabel Rozo-Jaramillo | Policía Nacional del Perú | Perú.

Recibido: 2024/11/27 | Aceptado: 2025/03/03 | Publicado: 2025/05/21

Resumen

Los patrones de manchas de sangre, especialmente el goteo, ofrecen información crucial sobre la dinámica de eventos criminales. Este fenómeno ocurre cuando la sangre cae por gravedad sin perturbaciones, generando manchas circulares o elípticas. Determinar con precisión la altura de caída es esencial para reconstruir los hechos, ya que proporciona claves sobre la ubicación del agresor, la víctima y objetos en la escena. El estudio se realizó en el Complejo Policial CAP. PNP Alcides Vigo Hurtado, en el Laboratorio de Biología Forense de OFICRI Trujillo, La Libertad, Perú, y consistió en describir las variaciones morfológicas de las manchas de goteo según distintas superficies de impacto y alturas. El diseño fue experimental y cuantitativo; se dejaron caer muestras de sangre humana tratada con EDTA desde un dispositivo regulador de altura sobre superficies como baldosa, vidrio, telas (algodón y sintética), papel, cartón, madera, piedras, arena (fina y gruesa) y tierra apisonada. Las manchas se fotografiaron con un testigo métrico y se midió el diámetro de las gotas mediante Piximetre. Aunque las diferencias al variar la altura sobre la misma superficie no fueron marcadas, se observó una relación directa entre el tipo de superficie y la forma de la gota: en superficies lisas, las gotas mantenían su forma circular, mientras que en las rugosas se deformaban, con espinas y gotas satélites. A mayores alturas, la tensión superficial se rompe, provocando mayor deformación; mientras que, a alturas menores, la deformación fue menos significativa. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar factores dinámicos en la interpretación forense de las manchas de sangre.

Palabras claves: Goteo de sangre, manchas sanguíneas, variación morfológica, superficies de impacto.

Abstract

Bloodstain patterns, especially dripping, offer crucial insights into the dynamics of criminal events. This phenomenon occurs when blood falls by gravity without disturbances, generating circular or elliptical spots. Accurately determining the height of the fall is essential to reconstruct the facts, as it provides clues about the location of the aggressor, the victim and objects at the scene. The study was carried out at the CAP. PNP Alcides Vigo Hurtado Police Complex, at the Forensic Biology Laboratory of OFICRI Trujillo, La Libertad, Peru, and consisted of describing the morphological variations of drip stains according to different impact surfaces and heights. The design was experimental and quantitative; samples of EDTA-treated human blood were dropped from a height-regulating device onto surfaces such as tile, glass, fabrics (cotton and synthetic), paper, cardboard, wood, stones, sand (fine and coarse), and rammed earth. The stains were photographed with a metric control and the diameter of the droplets was measured using Piximetre. Although the differences when varying the height on the same surface were not marked, a direct relationship was observed between the type of surface and the shape of the droplet: on smooth surfaces, the droplets maintained their circular shape, while on rough surfaces they deformed, with spines and satellite droplets. At higher heights, the surface tension breaks, causing greater deformation; while at lower heights, the deformation was less significant. These findings highlight the importance of considering dynamic factors in the forensic interpretation of bloodstains.

Key words: Blood dripping, blood stains, morphological variation, impact surfaces



Cómo citar este artículo:

Cabrera-Larreatigue, F. y Rozo-Jaramillo, L. (2025). Variación morfológica de manchas sanguíneas en diferentes soportes y alturas. *Revista de Criminología y Ciencias Forenses: Ciencia, Justicia y Sociedad.*, 4 (7), 31-43.

* Licenciatura en Biología en la Universidad Nacional de Trujillo – Perú, Perito biólogo forense en criminalística de la Policía Nacional de Perú, perito en investigación en escena del crimen, docente en investigación en la escena del crimen. Correo electrónico: biologofernandocabrera2020@gmail.com. ORCID ID: orcid.org/0009-0000-2391-9413

* Licenciatura en Biología de la Universidad del Quindío (Colombia) con segunda especialidad en Biología Forense de la Universidad Nacional de Trujillo (Perú). Se ha desempeñado como docente de biología, química y física en educación secundaria. Ha participado en procesos de investigación con la Policía Nacional del Perú, donde desarrolló el presente artículo como parte de su formación en biología forense. Su participación en esta publicación responde al interés por fortalecer su experiencia en el área. Correo electrónico: lrozoj@gmail.com. ORCID ID: orcid.org/0009-0008-1102-9948

1. Introducción

La sangre es el indicio biológico que con mayor frecuencia se encuentra en una escena del crimen, y su adecuado estudio es importante ya que contribuye a la resolución de importantes cuestiones derivadas del acto delictivo (Velho et al., 2013).

La naturaleza de los actos delictivos genera una gran variedad de manchas de sangre, conocidas como “patrones de manchas de sangre”. Estos son una parte fundamental de la investigación forense y desempeñan un papel crucial en la reconstrucción de eventos violentos (Velho et al., 2013).

Estos patrones, generados por la dispersión de la sangre, proporcionan valiosa información sobre la dinámica y las características del incidente, lo que permite a los investigadores determinar aspectos clave como las personas involucradas, su posición al momento de la ocurrencia de los eventos, los eventos ocurridos y su secuencia (movimientos de la víctima, del agresor u otros elementos presentes en la escena del crimen), el ángulo de impacto, la trayectoria de la sangre, la distancia desde la cual se originó el patrón, la fuerza aplicada y puede proporcionar pistas sobre el tipo de arma utilizada (Sniegovski et al., 2016).

El estudio de los patrones de manchas de sangre implica un análisis meticuloso de las formas, tamaños, distribución y características físicas de las manchas presentes en la escena con el fin de proveer una interpretación lo más objetiva posible, de los eventos ocurridos (Peschel et al., 2011). Estas manchas se categorizan en tres grupos: pasivas, salpicaduras y alteradas, e incluyen desde gotas individuales hasta patrones complejos, como chorros o transferencias, cada uno con sus propias características distintivas (James et al., 2005).

Entre los múltiples patrones de manchas de sangre, el goteo es uno de los más comunes y significativos. Este corresponde a la categoría de “gotas pasivas” y ocurre cuando la sangre cae de un objeto o superficie debido a la gravedad y sin ninguna perturbación, generando manchas circulares o elípticas en el lugar de impacto cuando este sea una superficie lisa y homogénea (Peschel et al., 2011); no obstante, estas manchas pueden variar en tamaño y forma dependiendo de diversos factores, como la altura desde la cual cae la gota, el ángulo de impacto, el diámetro de la gota y la textura de la superficie receptora (Hernández, 2020; Valdivieso-González et al., 2020).

Determinar la altura desde la cual caen las gotas de sangre tiene una gran importancia en la reconstrucción de los eventos, ya que puede brindar pistas sobre la ubicación del agresor, la víctima o cualquier otro individuo presente, o de los objetos en la escena del crimen (James y Eckert, 1999). Así

pues, identificar los cambios morfológicos y características de las manchas, se hace fundamental para establecer una altura aproximada de caída:

- **Tamaño:** Generalmente, las gotas de sangre tienden a aumentar de tamaño a medida que la altura de caída aumenta, sin embargo, hay que tener en cuenta factores como el volumen de la gota y la superficie sobre la que impacta (James et al., 2005; Leonova et al., 2019).
- **Forma:** A menor altura de caída, y con un ángulo de 90°, las gotas de sangre suelen ser circulares con bordes lisos cuando impactan en superficies uniformes, planas y no absorbentes, sin gotas acompañantes (satélites); a medida que la altura aumenta, las gotas pueden adquirir bordes irregulares, espinas y gotas satélites (James et al., 2005).

Es importante tener en cuenta que otros factores, como la viscosidad de la sangre, la superficie receptora, la presencia de obstáculos en la caída, la resistencia al aire y el mecanismo que las genera, también pueden influir en las características de las gotas de sangre y las manchas (Hernández, 2020). Por lo tanto, el análisis de los patrones de manchas de sangre debe considerar una combinación de factores para obtener una interpretación precisa y completa.

Las diferentes superficies sobre las que cae la gota de sangre pueden influir en su forma, color y tamaño, así pues si el soporte es no poroso, la tensión superficial de la gota se mantiene, por lo tanto conserva su forma circular; si la superficie es absorbente, la gota se dispersa de forma irregular, y la intensidad de su color puede variar ya que algunos componentes son absorbidos; y los soportes ásperos o rugosos rompen la tensión superficial de la gota, que se puede fragmentar en gotas más pequeñas, distorsionarse y adoptar formas irregulares y bordes con espinas (James et al., 2005).

Estas variaciones morfológicas ofrecen pistas esenciales para los investigadores al reconstruir la dinámica de un evento (posición y movimientos de la víctima, agresor y objetos, tipo de arma, número de impactos, etc.) (James y Eckert, 1999), y permiten una interpretación más precisa de las circunstancias de este de acuerdo a las características de las manchas de sangre tipo goteo en relación con las diferentes superficies y alturas; es por esto que el objetivo de este trabajo es describir las variaciones morfológicas de las manchas de sangre tipo goteo de acuerdo a diferentes superficies de impacto y alturas.

2.- Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Complejo Policial CAP. PNP Alcides Vigo Hurtado, en el Laboratorio de Biología Forense de la OFICRI Trujillo, La Libertad, Perú.

Muestras de sangre

Se empleó sangre humana extraída en tres tubos tapa lila con anticoagulante EDTA al 5%. Posteriormente fue transferida en un frasco de vidrio de mayor capacidad que contenía heparina como anticoagulante, esto con el fin de adaptarlo al soporte para la muestra de sangre.

Soporte para la muestra de sangre

Se elaboró un dispositivo consistente en una barra vertical de madera de aproximadamente 160 cm, sostenida sobre una base, y a la cual se le hicieron marcas de distancias; en el extremo superior se fijó una barra horizontal para apoyar el frasco con la sangre, y se ubicó otra barra horizontal móvil para ajustar con mayor precisión la altura de caída de las gotas de sangre, en la que se ubicó el extremo final de la manguera del equipo de venoclisis (Figura 1), para regular el volumen de las gotas, de manera que todas sean iguales.

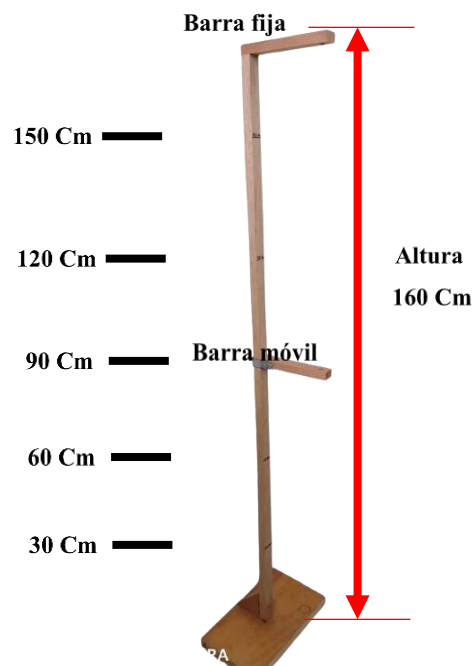


Figura 1. Soporte para las muestras de sangre.

Superficies

Se emplearon diversas superficies para evaluar la variación morfológica de las gotas de sangre, tales como baldosa, vidrio, tela de algodón, tela sintética, papel, cartón, madera, piedras, arena (fina y gruesa) y tierra apisonada.

Baldosa: Estas fueron color blanco de superficie lisa y esmaltada de 20x20 cm (se clasifican como gres esmaltado). Estas tienen un bajo índice de absorción de agua; el cuerpo es de textura fina y homogénea, no poroso y no se aprecian elementos heterogéneos; la cara vista está cubierta por esmalte vitrificado y acabado brillante, lo que le confiere impermeabilidad, facilidad de limpieza y resistencia química y mecánica (Restrepo, 2010; Instituto Valenciano de la Edificación, 2019).

Vidrio: Se empleó vidrio común o de silicato sodocálcico transparente de 15x15 cm, de 4 mm de espesor, compuesto fundamentalmente de dióxido de silicio, óxido de sodio y óxido de calcio. Su superficie es lisa y brillante, sin rugosidad y no porosa, lo que le confiere impermeabilidad.

Tela de algodón: Se utilizó tela tipo piqué 100% de algodón. Esta se caracteriza por su alta capacidad de absorción y retención de la humedad; el tejido de la tela piqué es de punto cruzado, lo que le da un aspecto de celdas con cuadrados muy pequeños y ásperos y con regiones voluminosas (Arjun y Ashish, 2016; Gündoğdu y Başaran, 2023)

Tela sintética: En el estudio se empleó tela 100% poliéster. Esta se caracteriza por su resistencia a la tracción, al calor, a agentes químicos y a la abrasión, y por su baja absorción de humedad; sin embargo, se ha documentado alta capacidad de absorción de sangre (Slemko, 2003); esta tela presenta el fenómeno de *pilling*, que consiste en la aparición de pequeñas pelusas formadas por las fibras que migran del interior del hilo hacia el exterior y, una vez allí, se enmarañan (Carrión Fité, s.f.).

Papel: Se utilizó papel bond color blanco de 80 g, marca “Atlas” en recorte de 20 x 20 cm compuesto principalmente por celulosa, de textura suave y lisa, baja permeabilidad y resistente a la tracción y abrasión

Cartón: Se utilizó cartón corrugado de canal doble que se caracteriza por contar con dos flautas o médium onduladas separadas por una tercera lámina lisa o liner y dos láminas lisas exteriores, y un espesor de 4 mm.

Madera: Esta superficie consistió en un trozo de madera maciza utilizado para pisos tipo parquet de forma rectangular de 30x7 cm, de superficie rugosa con algunas irregularidades como hendiduras, y cierto grado de porosidad.

Piedras: Estas fueron obtenidas de una playa cercana al sitio donde se llevó a cabo el estudio; se escogieron las que presentaran tamaños de aproximadamente 10 x 7 cm y características similares tales como superficies planas y lisas, no porosas y sin bordes afilados. No obstante, todas presentaban diferentes grados de rugosidad debido a las irregulares y pequeñas hendiduras en cada una de ellas.

Arena: Se trabajó con dos tipos de arena: arena de mar y arena gruesa.

- **Arena de mar:** Está conformada por arena fina recolectada de orilla de playa, de granulometría homogénea, libre de materia orgánica; una vez en el laboratorio, se dejó secar y se acondicionó sobre una placa Petri para mantener la superficie plana. Compuesta por granos finos achatados de rocas polimícticas que le confieren su textura rugosa y poca adherencia entre sí cuando se humedecen (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, 2020; UNEP-GRID-Geneva, 2022)
- **Arena gruesa:** Su textura granulosa y áspera está dada por los granos de diversos tamaños que contiene, que van desde partículas de arena fina hasta pequeñas piedras o grava fina, con formas mayormente redondeadas. En el laboratorio se acondicionó sobre una placa Petri para mantener la superficie plana.

Tierra apisonada: Correspondió a tierra de uso agrícola tipo arcillosa color marrón oscuro; está formada por partículas finas; su superficie es irregular con pequeñas grietas y zonas más compactas que otras (áreas sueltas) y su textura es ligeramente rugosa y porosa.

Variación morfológica

Sobre cada una de estas superficies se dejó caer una gota de sangre desde distintas alturas, siendo estas 30, 60, 90, 120 y 150 cm. La mancha resultante fue fotografiada junto a un testigo métrico y procesada en el programa informático Piximetre para medir el diámetro de cada una de las gotas.

3.- Resultados

Las gotas de sangre en caída libre mostraron variaciones significativas en su morfología incluyendo el diámetro y la presencia de gotas satélites, en función de la superficie sobre la cual impactaron. Sin embargo, cuando las gotas cayeron desde diferentes alturas sobre la misma superficie, las diferencias en su morfología no fueron tan pronunciadas. Mientras que en algunas superficies se registró un aumento en el diámetro de las gotas conforme aumentó la altura de caída, en otras no se identificó una variación sistemática en este aspecto. Las gotas satélites estuvieron presentes solo en ciertas superficies, siendo estas las más irregulares, y conforme aumentó la altura de caída, se registró una mayor distancia entre las gotas satélites y la gota principal.

Baldosa: Las gotas tienen forma circular, que no varía con las diferentes alturas; los bordes van desde lisos hasta ondulados, sin espinas ni gotas satélites; el diámetro aumenta conforme a la altura de caída (Figura 2).

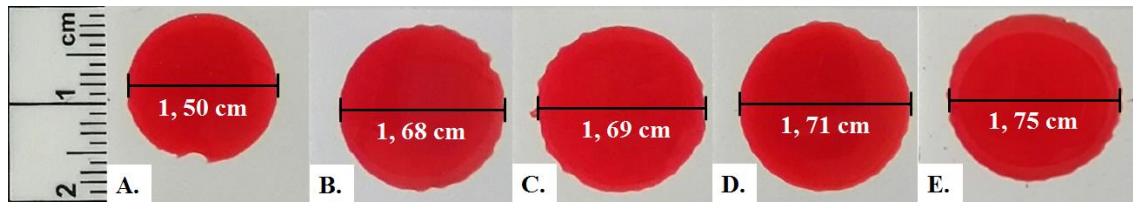


Figura 2. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre baldosa a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Vidrio: A las diferentes alturas, las gotas conservan la forma circular, con bordes lisos a ligeramente ondulados. No presentan espinas ni gotas satélite. El diámetro tiende a aumentar hasta los 90 cm, luego disminuye (Figura 3).

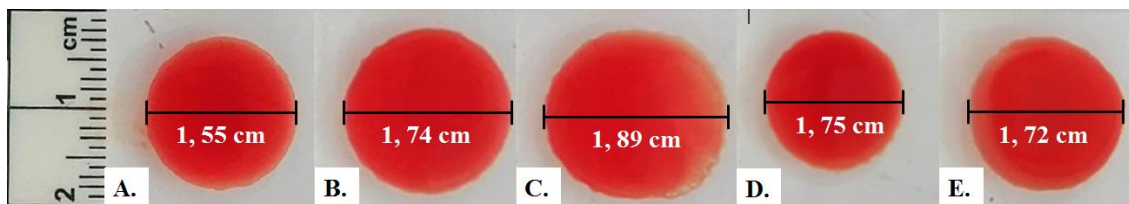


Figura 3. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre vidrio a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Tela de algodón: Las gotas tienden a ser circulares, sin embargo sus bordes son irregulares, presentando en ocasiones espinas; a partir de 60 cm de altura, la gota principal desprende numerosas gotas satélite. No existe una relación clara entre la altura de caída y el diámetro (Figura 4).

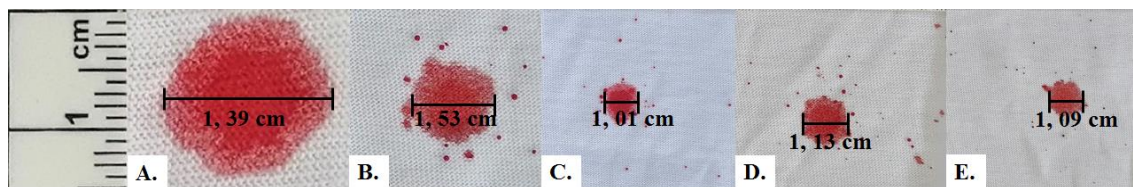


Figura 4. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre tela de algodón a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Tela sintética: Las gotas conservan la forma circular, con bordes irregulares. A partir de 90 cm, presentan largas espinas y numerosas gotas satélite (Figura 5).

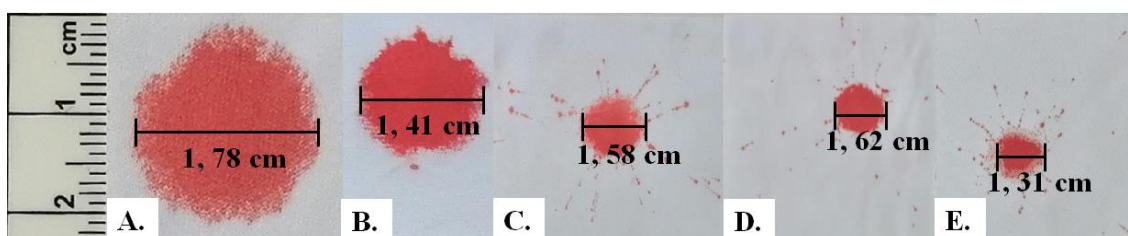


Figura 5. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre tela sintética a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Papel: Las manchas presentan forma circular, con bordes ligeramente ondulados. A partir de 120 cm de altura, presentan espigas de corta longitud y múltiples gotas satélite. A medida que la altura de caída aumenta, lo hace el diámetro de la gota (Figura 6).

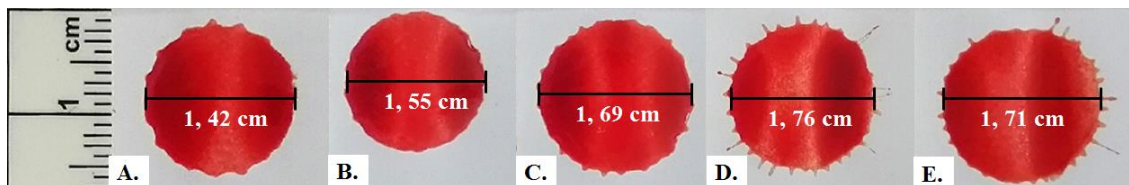


Figura 6. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre papel a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Cartón: Son gotas circulares con bordes espinosos y gotas satélite. Las espigas aumentan de longitud a medida que aumenta la altura de caída, así como la cantidad de gotas satélite; en algunas ocasiones, estas no se desprenden totalmente de la mancha principal (Figura 7).

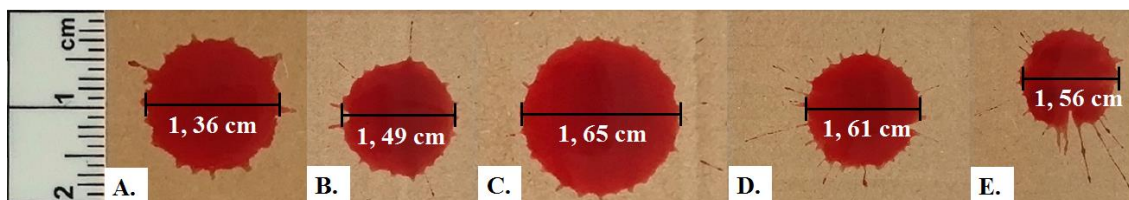


Figura 7. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre cartón a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Madera: Se infiere una forma circular, bastante deformada, de bordes muy irregulares y con numerosas y pronunciadas espigas, que aumentan en longitud con la altura de caída. A partir de 60 cm, se observan gotas satélites, que se desprenden de la gota principal y aumentan en número y distancia de la gota principal conforme aumenta la altura de caída (Figura 8).

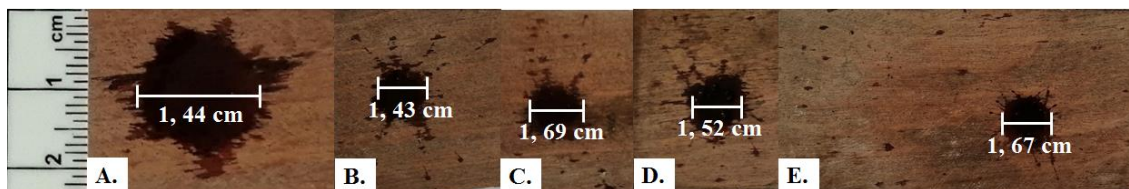


Figura 8. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre madera a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Piedra: Las gotas tienen forma circular, con bordes que van desde ligeramente ondulados hasta marcadamente espinosos. La presencia de gotas satélite depende en gran medida de la angulación y textura de la superficie, ya que las piedras empleadas en esta investigación presentan diversos grados de rugosidad. Estas aparecen a partir de 60 cm de altura. A 120 cm, las espigas tienen una configuración diferente a las otras alturas, sin gotas satélite (Figura 9).

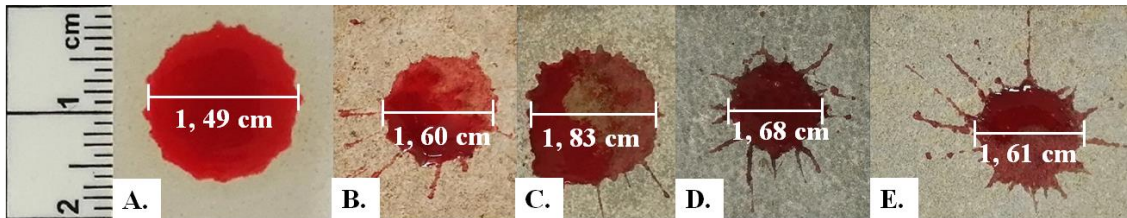


Figura 9. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre piedra a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Arena de mar: Las gotas tienen aspecto compacto y se mezclan con los granos de arena, sus formas son irregulares, varían desde circulares hasta alargadas, con tamaños considerablemente menores que en las otras superficies. Aumentan su diámetro junto con la altura de caída, y sus bordes son levantados. A partir de 90 cm presentan gotas satélites que tienen el mismo aspecto de la principal (Figura 10).

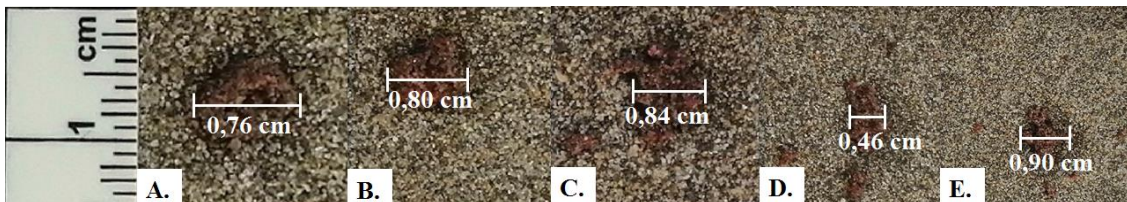


Figura 10. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre arena de mar a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Arena gruesa: Debido a las irregularidades de la superficie, las gotas no adoptan ninguna forma en específico y sus bordes son variables, levantándose en ocasiones y mezclándose con la arena. El diámetro no sigue un patrón definido por la altura de caída. A partir de 60 cm, se forman gotas satélites en poca cantidad (Figura 11).

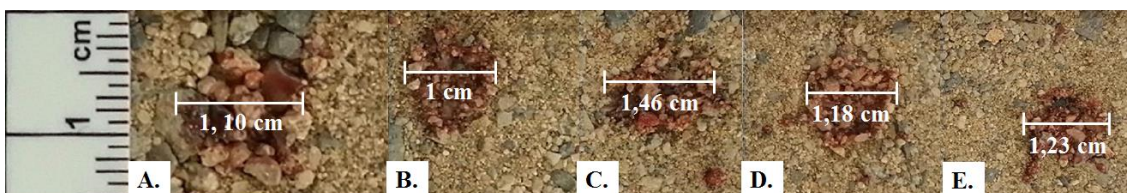


Figura 11. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre arena gruesa a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

Tierra apisonada: Las gotas tienen forma circular, con bordes irregulares que presentan espinas y presentan gotas satélites desde la altura de caída de 30 cm (Figura 12).

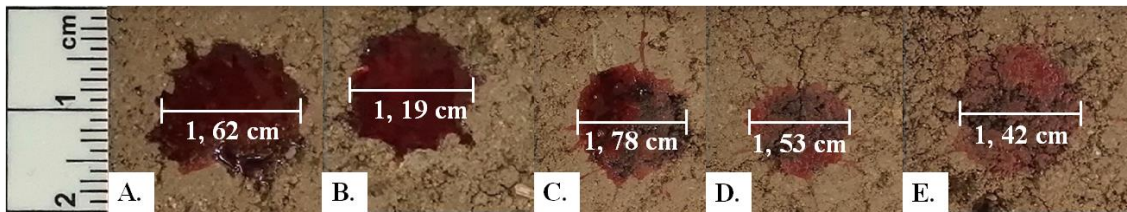


Figura 12. Variaciones morfológicas de las gotas de sangre en caída libre sobre tierra apisonada a diferentes alturas, con sus respectivos diámetros. **A.** 30 cm; **B.** 60 cm; **C.** 90 cm; **D.** 120 cm; **E.** 150 cm.

En superficies como baldosas y vidrio, las gotas mantienen una forma circular con bordes lisos o ligeramente ondulados, y el diámetro puede variar con la altura de caída. En telas de algodón y sintéticas, las gotas también son generalmente circulares, pero los bordes son más irregulares, ocasionalmente con espinas, y la formación de gotas satélites es notoria a alturas específicas. En materiales más rugosos como madera, piedra, y tierra apisonada, las gotas tienden a ser circulares pero con bordes altamente irregulares, con espinas y gotas satélites que se desarrollan a diferentes alturas. Por último, en materiales granulares como arena de mar y arena gruesa, las gotas presentan formas irregulares y su diámetro puede variar con la altura de caída, con gotas satélites que se forman en alturas específicas. Estas observaciones destacan la complejidad de los patrones de manchas de sangre y la importancia de considerar tanto la superficie como la altura en el análisis forense.

4.- Discusión

Las superficies sobre las que impactan las gotas de sangre son uno de los factores que influyen directamente en su morfología. Para el presente estudio se tuvieron en cuenta superficies lisas, rugosas, absorbentes y no absorbentes.

La morfología de las manchas de sangre en superficies lisas, suaves y no absorbentes como el vidrio y la baldosa, es explicada por Hernández (2020) y Smith et al. (2017), quienes indican que las manchas mantienen la forma circular y bordes suaves, ya que no se deforman ni se rompe la tensión superficial de la gota, por lo que esta se expande hacia afuera sin presentar salpicaduras ni espinas.

Tanto Dubey et al. (2019) como Hernández (2020) concluyen que en superficies rugosas y ásperas como madera, piedra, arena de mar y gruesa y tierra apisonada, la gota se deforma ya que se rompe la

tensión superficial de manera abrupta, por lo que se presentan espinas que irradian desde el centro de la gota y numerosas salpicaduras en la periferia. La presencia de espinas y gotas satélite también es explicada por Smith et al. (2017), ya que en superficies rugosas, la mayor cantidad de irregularidades atrapa más aire durante el contacto entre la gota de sangre y la superficie, produciendo salpicaduras.

De acuerdo a Dubey et al. (2019) y Hernández (2020), la estructura y composición de las telas también influyen en la formación de la mancha de sangre; al ser de superficies porosas, absorbentes y no lisas, la gota se deforma y sus bordes se difuminan. Al impactar contra estas superficies, la sangre es absorbida casi inmediatamente y se expande entre el tejido; el líquido se distribuye alrededor de las zonas saturadas, lo que expande la base de la gota; sin embargo, la imbibición en el sustrato poroso da como resultado un encogimiento de la base y una expansión de la zona humedecida entre el tejido. Las gotas satélites se forman ya que, desde determinadas alturas, la gota se rompe contra las pequeñas pelusas que presentan estas telas.

Según Slemko (2003), la deformación que sufren las gotas al entrar en contacto con las telas depende de dos factores: el tamaño de la gota y la amplitud del hilo. Si la gota tiene el volumen suficiente para saturar el hilo, es absorbida a lo largo de este resultando en una deformación.

El reducido tamaño de las gotas que impactaron contra las telas, en comparación con otras superficies receptoras, se puede explicar de acuerdo con White (1986), quien menciona que la formación de un mayor número de gotas satélite supone una menor cantidad de sangre para la gota principal; además, el entramado de la tela permite que la gota de sangre atraviese el espesor de la misma, y no se extienda sobre la superficie.

Chao et al. (2015) explican que, cuando la gota de sangre entra en contacto con superficies porosas como el papel, ocurren dos procesos que moldean su forma: la dispersión de la gota debido a la acción de fuerzas capilares sobre las áreas saturadas, lo que resulta en una expansión de la base de la gota; y la imbibición de la sangre en zonas secas del papel, dando como resultado una contracción de la base de la gota y la expansión de la zona húmeda a través de la capa porosa. Hernández (2020) explica que las irregularidades de la superficie del cartón rompen la tensión de la gota, favoreciendo la formación de espinas y de gotas satélites desde los 30 cm de altura de caída.

En general, la presencia de estructuras como espinas y gotas satélites en gotas que han caído desde mayores alturas, explicada por Michielsen et al. (2015), se debe al incremento de la energía cinética asociada con una mayor altura de caída, la cual, a su vez, conlleva a una ruptura abrupta de la tensión superficial del líquido y provoca deformaciones notorias en la gota. Por el contrario, cuando la altura de

caída es baja, la energía de impacto acumulada no es suficiente para superar la tensión superficial, lo que resulta en poca o nula deformación de la gota; no obstante, esto depende de la superficie que recibe la gota.

5.- Conclusión

Las observaciones detalladas sobre las diversas superficies revelan una clara relación entre la naturaleza de la superficie y la forma de las gotas de sangre; así pues, en superficies lisas y no absorbentes mantienen la forma circular característica, mientras que superficies rugosas y ásperas generan deformaciones notables con la presencia de espinas y gotas satélites; estas últimas no solo están relacionadas con la textura y rugosidad de la superficie receptora, sino también con la altura de caída. Materiales como madera y cartón muestran espinas que aumentan en longitud con la altura, mientras que en telas se generan gotas satélites desde alturas específicas.

También es posible, en algunos casos, determinar una relación directa entre la altura de caída y la morfología de las manchas de sangre. A mayores alturas, se evidencia un aumento en la energía de impacto, lo que provoca la ruptura abrupta de la tensión superficial, resultando en deformaciones notorias, espinas y la formación de gotas satélites; sin embargo, es crucial tener en cuenta el tipo de superficie receptora al momento de realizar las observaciones. Por el contrario, a alturas más bajas, la falta de acumulación de energía de impacto conduce a una menor deformación de las gotas. Esta conexión entre la altura y la energía cinética destaca la importancia de considerar factores dinámicos en la interpretación forense de las manchas de sangre.

Los patrones de manchas de sangre son complejos, ya que diferentes superficies presentan respuestas únicas a la caída de la sangre. La preservación de la forma circular en algunas superficies contrasta con las deformaciones significativas en otras, lo que subraya la importancia de considerar tanto la superficie como la altura en el análisis forense para obtener conclusiones precisas sobre la dinámica de los eventos en el lugar de los hechos.

6. Fuentes de consulta

- Arjun, R. y Ashish P. (2016). Identification of blood stains on different fabrics after washing with routinely used detergents in India. *International Journal of Forensic Sciences* 1(1), 1-5.
- Carrión Fité, F. J. (s.f.). *Materials pel disseny de productes tèxtils: poliéster*. Escola D'Enginyeria de Terrassa EET, Universitat Politècnica Catalunya.
- Chao, T. C., Arjmandi-Tash, O., Das, D. B. y Starov, V. M. (2015). Spreading of blood drops over dry porous substrate: complete wetting case. *Journal of Colloid and Interface Science* 446, 218-225.

- Dubey, M. K.; Sharma, R. y Patel, K. K. (2019). A comparative study on variation in bloodstain patterns due to change in surface-using blood from four common animal species. *International Journal of Clinical and Diagnostic Pathology* 2 (2), 167-174.
- Gündoğdu, M. y Başaran, F. N. (2023). Design processes in pique weaving. En E. Devrez (Ed.), *Current debates on social sciences* 13, 314-329.
- Hernández, M. (2020). Manchas de sangre y sus soportes. Cambios morfológicos de los patrones. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses* 35.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). (2020). *Evaluación por peligro de erosión marina en el balneario de Huanchaco* (Informe Técnico N° A6988). Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2541>
- Instituto Valenciano de la Edificación. (2019). *Guía de la baldosa cerámica: El vademécum de la baldosa cerámica, para su clasificación, su selección, materiales de agarre y rejuntado, la redacción del proyecto, el control de la obra, el uso y mantenimiento*. Instituto Valenciano de la Edificación.
- James, S. H. y Eckert, W. G. (1999). *Interpretation of bloodstain evidence at crime scenes*. CRC Press.
- James, S. H., Kish, P. E. y Sutton, T. P. (2005). *Principles of bloodstain pattern analysis. Theory and practice*. CRC Press.
- Leonova, E. N., Nagornov, M. N. y Kucha, A. S. (2019). The possibility for determining the height of the fall of the blood drops based on the size of the bloodspots. *Sudebno-Meditsinskaia Ekspertiza* 62(1), 21-23. doi: 10.17116/sudmed20196201121.
- Michielsen, S.; Taylor, M.; Parekh, N. y Ji, F. (2015). *Bloodstain patterns on textile surfaces: A fundamental analysis*. U.S. Department of Justice, National Institute of Justice. En ojp.gov.
- Peschel, O., Kunz, S. N., Rothschild, M. A. y Mützel, E. (2011). Blood stain pattern analysis. *Forensic Science, Medicine and Pathology* 7, 257–270. doi 10.1007/s12024-010-9198-1
- Restrepo, O. J. (2010). *Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución*. Centro Editorial Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.
- Slemko, J. A. (2003). Bloodstains on fabric – the effects of droplet velocity and fabric composition. *IABPA Newsletter*, 3-11.
- Smith, F., Buntsma, N. C. y Brutin, D. (2017). Roughness influence on human blood drop spreading and splashing. *Langmuir*, 34(3), 1143-1150.
- Sniegovski, M. M., Bortolatto, J. M. y Formolo, F. (2016). Manchas de sangre: el análisis de su patrón en la escena del crimen. *Skopein* 4(14), 6-18.
- UNEP/GRID-Geneva (2022). *What is sand? Result from a UNEP/GRID-Geneva expert discussion* (Technical report GSOI-GSA-2022-002). UNEP/GRID-Geneva.
- Valdivieso-González, L. G., Muñoz-Potosi, A. F. y Navas-Gómez, K. J. (2020). Identificación del área de origen de manchas hemáticas en una escena de crimen: análisis teórico. *Iteckne* 17(1). <https://doi.org/10.15332/iteckne.v17i1.2427>
- Velho, J. A., Costa, K. A. y Damasceno C. T. M. (2013). *Locais de crime – dos vestígios a dinâmica criminosa*. Millenium.
- White, B. (1986). Bloodstain patterns on fabrics: The effect of drop volume, dropping height and impact angle. *Canadian Society of Forensic Science Journal* 19(1), 3-36.